دَائِــــرَةُ مَعَــــارِفِ الْقَرْنِ الْحَادِي وَالْعِشْرِين

لِلْعُلُومِ وَالتِّكْنُولوجْيَا الْمُتَطَوِّرَةِ وَالطَّبِيعَةِ

كتب تايم لايف

٦ بِنْيَةُ المَادَّةِ 6



الناشرون

دار الكتاب المصرى
القاهرة

TIME LIFE BOOKS

دار الكتاب اللبنانى
بيروت

الْمُحْتَوَيَاتُ

1 عَالَمُ الْمَادَّةِ

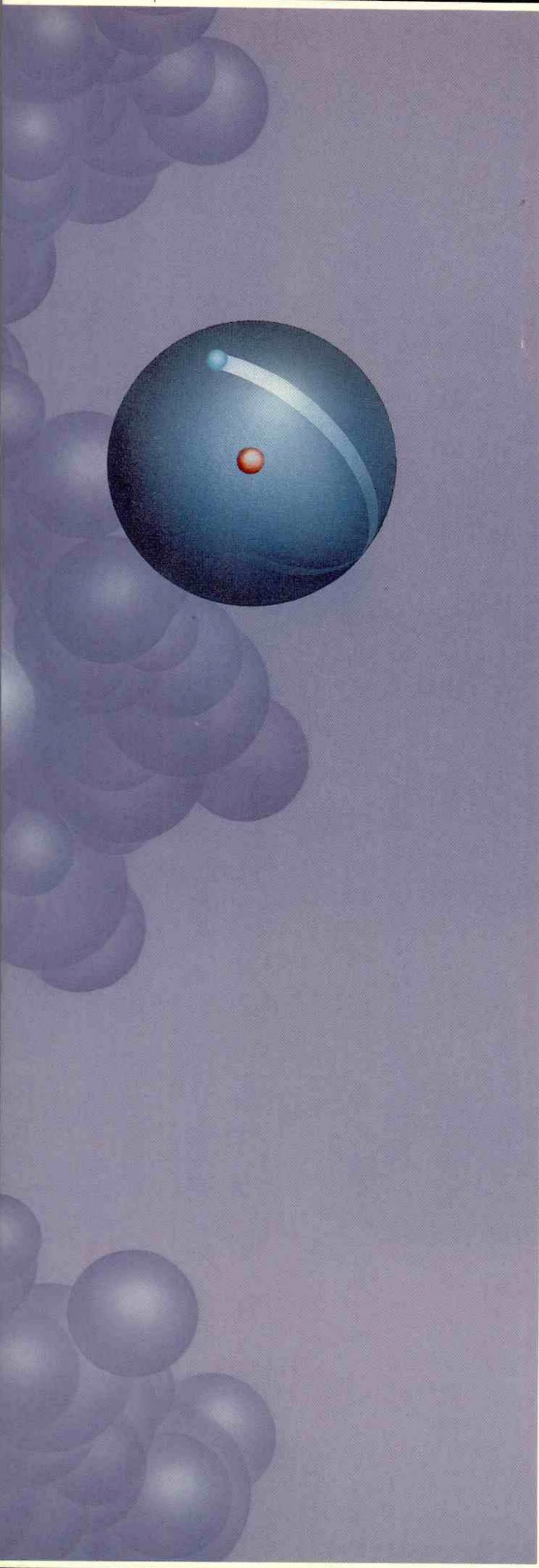
2 تَغَيُّراتُ فِي الْمَادَّةِ

3 الطَّاقَةُ الْكِيمْيَائِيَّةُ

4 كِيمْيَاءُ الْغِذَاءِ

5 الْهَنْدَسَةُ أُسْلُوبٌ لِلْحَيَاةِ

6 اكْتِشَافُ الْمَوَادِّ الْجَدِيدَةِ

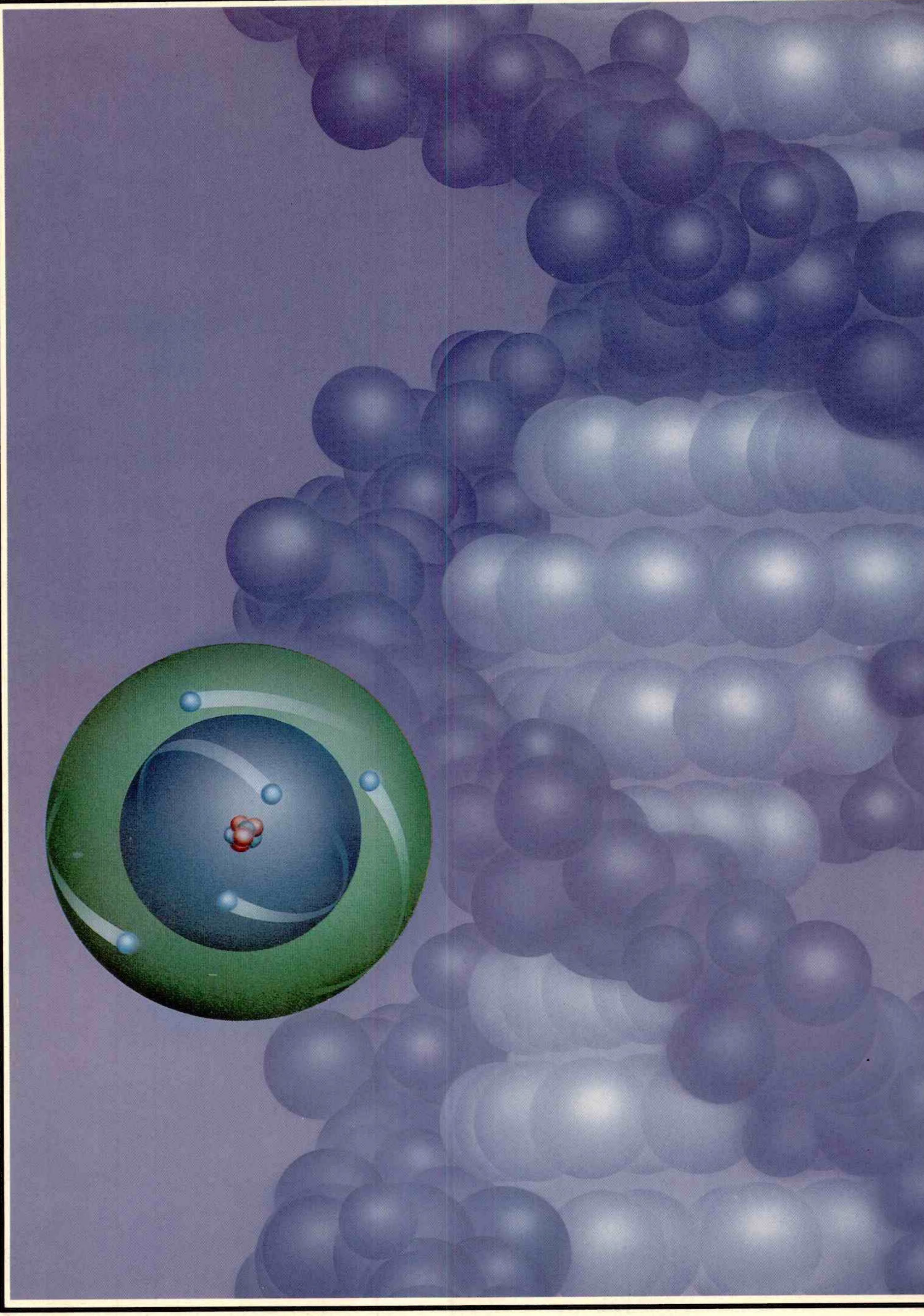


1 عَالَمُ الْمَادَّةِ

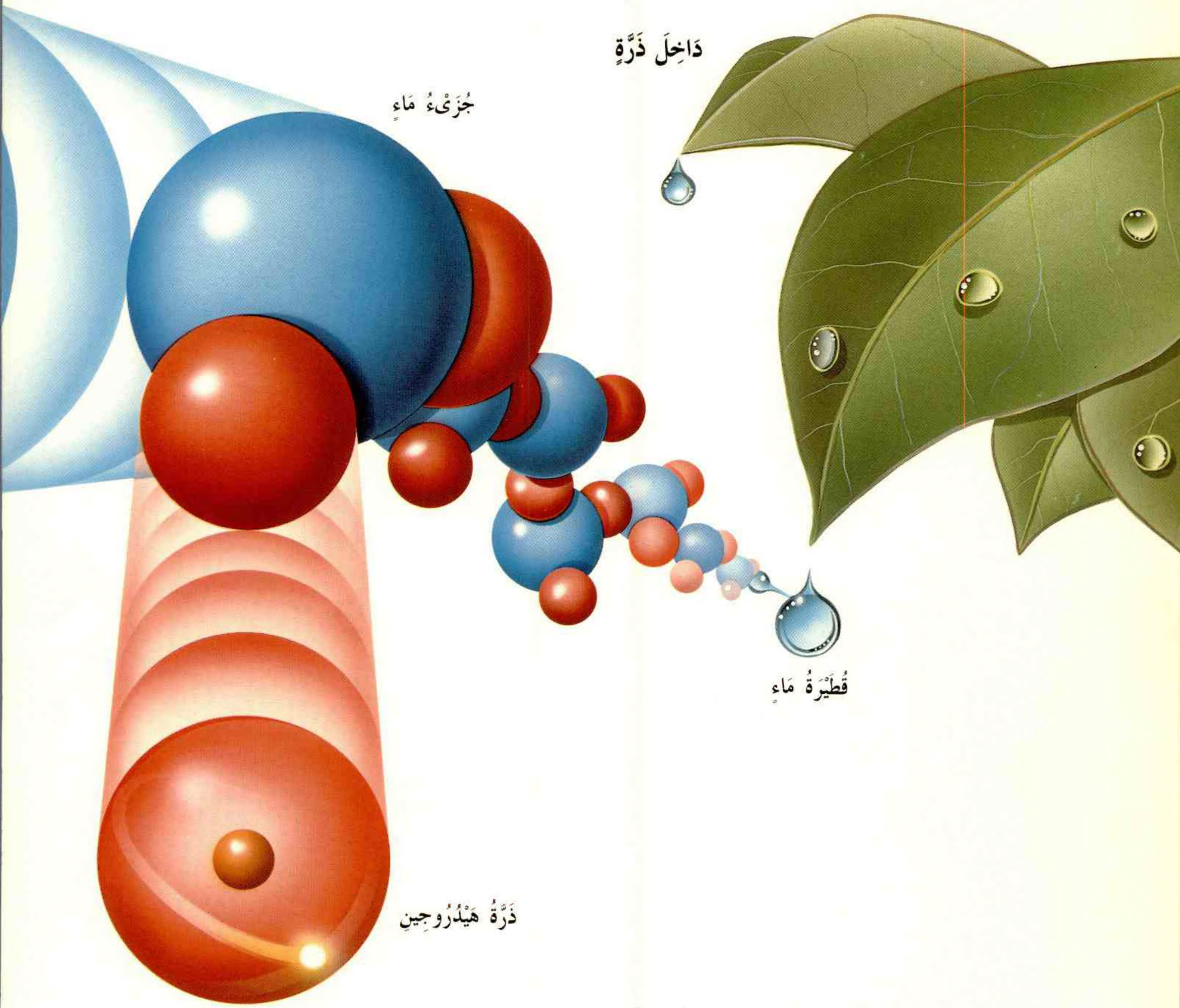
تَتطَلَّبُ دِرَاسَةُ الْكِيمْيَاءِ التَّعمُّقَ فِى عَالَمِ الْمَادَّةِ ، حَيْثُ تَتَّحِدُ الذَّرَّاتُ أَو تَنْفَصِلُ ، وَتَتَشارَكُ الرَّوابِطُ أَوْ تَنْدَمِجُ . وَيَهْتَمُّ الْكِيميائِىُّ بِالْعَنَاصِرِ ، وَهِىَ تَتَكَوَّنُ مِن نَوْعٍ وَاحِدٍ مِن الذَّرَّاتِ . وَتَتَفاعَلُ الذَّرَّاتُ بِاسْتِمْرَارٍ مَعَ بَعْضِهَا الْبَعْضِ ، طَارِدَةً أَوْ آسِرَةً الإِلكْتْرُونَاتِ وَالنُّيُوتْرُونَاتِ وَالْبرُوتُونَاتِ الَّتِى تُبْنَى مِنْهَا . وَمِنْ أَهَمِّ أَدَوَاتِ الْكِيمْيَاءِ الْجَدْوَلُ الدَّوْرِىُّ لِلعَنَاصِرِ الَّذِى يُقَسِّمُ الْعَنَاصِرَ إِلَى فِلزَّاتٍ ، وَأَشْبَاهِ فِلزَّاتٍ ، وَلافِلزَّاتٍ ، عَدَا الْهَيْدُرُوجِين الَّذِى يَنْتَمِى إِلَى مَجْمُوعَتَيْنِ . وَيُوضِّحُ الْجَدْوَلُ الدَّوْرِىُّ ، الْعَدَدَ الذَّرِّىَّ لِلْعُنْصُرِ ، وَهُوَ عَدَدُ الْبُرُوتُونَاتِ ، فِى نَوَاةِ ذَرَّةِ هَذَا الْعُنْصُرِ . وتحتوى ذَرَّاتُ أَىِّ عُنْصُرٍ فِى نَوَيَاتِهَا دَائِمًا عَلَى نفْسِ الْعَدَدِ مِن الْبُرُوتُونَاتِ ، وَلَكِنَّ عَدَدَ النُّيُوتْرُونَاتِ بِهَا قَدْ يَخْتَلِفُ . وَالذَّرَّاتُ الْمُخْتَلِفَةُ فِى عَدَدِ النُّيُوتْرُونَاتِ تُسَمَّى نَظَائِرَ وَهِىَ مُنْتَشِرَةٌ فِى الْكَوْنِ . وَيُمْكِنُ أَخْذُ أَوْ إِضَافَةُ إِلِكْتْرُونَاتٍ إِلَى الذَّرَّاتِ ، فَيُقَالُ إِنَّهَا تَأَيَّنَتْ . وَالإِلِكْتْرُونَاتُ هِىَ دَقَائِقُ عَدِيمَةُ الْوَزْنِ تَقْرِيبًا ، سَالِبَةُ الشِّحْنَةِ تَدُورُ حَوْلَ النَّوَاةِ .

وَالْكَرْبُونُ وَاحِدٌ مِنْ أَهَمِّ الْعَنَاصِرِ الضَّرُورِيَّةِ لِلْحَيَاةِ عَلَى الأَرْضِ . وَاتِّحَادُ الْعَنَاصِرِ أَو الْمُرَكَّبَاتِ الَّتِى لَا تَحْتَوِى عَلَى الْكَرْبُونِ يُسَمَّى غَيْرَ عُضْوِىٍّ . وَالْمَوَادُّ الَّتِى تَحْتَوِى عَلَى الْكَرْبُونِ تُسَمَّى عُضْوِيَّة ، وَدِرَاسَتُهَا تَرْتَبِطُ بِكَشْفِ عَصَبِ الْحَيَاةِ . وَيَهْتَمُّ هَذَا الْفَصْلُ بِتَرْكِيبِ الْعَنَاصِرِ وَكَيْفَ تَتَفَاعَلُ مَعًا .

يَظْهَرُ مُكَبَّرًا (يَسَار) التَّرْتِيبُ السُّلَّمِى الْحَلَزُونِىُّ لِجُزَىْءِ حِمْضِ DAN الَّذِى يُعْتَبَرُ مَادَّةَ الْوِرَاثَةِ الأَسَاسِيَّةَ لِلحَيَاةِ . وَيَتَرَكَّبُ كُلُّ جُزَىْءٍ مِنْ ذَرَّاتٍ (كُرَاتٌ زَرْقَاءُ)، تَتَكَوَّنُ بِدَوْرِهَا مِنْ دَقَائِقَ تَحْتَ ذَرِّيَّة (مُكَبَّرَةٌ أَقْصَى الْيَسَار) .



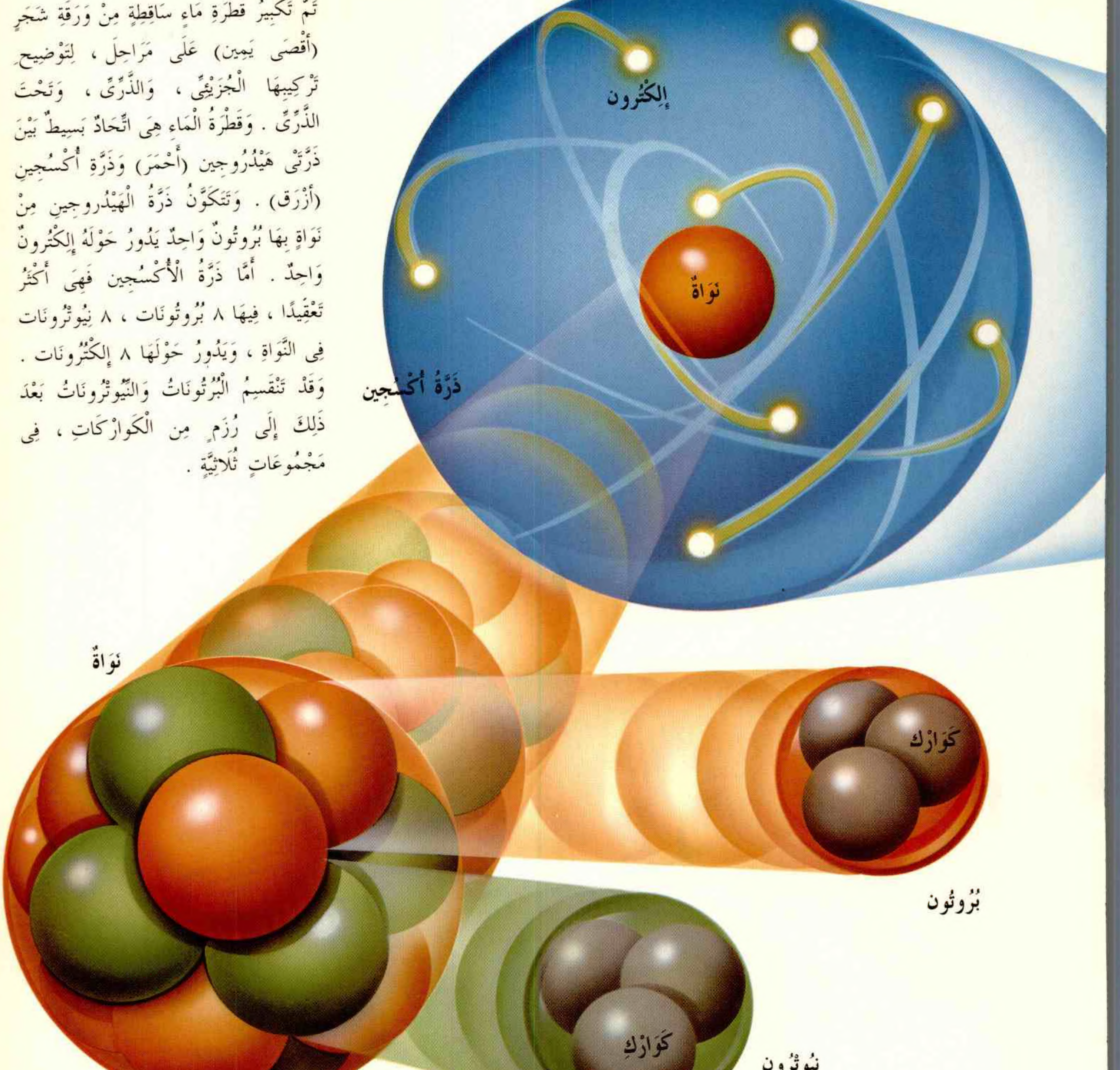
هَلْ هُنَاكَ مَا هُوَ أَصْغَرُ مِنَ الذَّرَّةِ ؟



عِنْدَمَا اسْتَخْدَمَ فَلاسِفَةُ الْإِغْرِيقِ مُصْطَلَحَ (ذَرَّةٍ) بِمَعْنَى أَنَّهَا (لَا تَنْقَسِمُ)، كَانُوا يَظُنُّونَ أَنَّ الذَّرَّةَ هِيَ الْوَحْدَةُ الْأَسَاسِيَّةُ لِتَرْكِيبِ الْكَوْنِ . وَلَكِنَّ عُلَمَاءَ الْعَصْرِ الْحَدِيثِ اكْتَشَفُوا ضُيُوفًا أَصْغَرَ حَجْمًا فِي عَالَمِ الذَّرَّةِ الدَّقِيقِ. فَقَلْبُ كُلِّ ذَرَّةٍ يَتَكَوَّنُ مِنْ بُرُوتُونَاتٍ وَنُيُوتْرُونَاتٍ ، يُحِيطُهَا إِلِكْتُرُونَاتٌ سَرِيعَةُ الْحَرَكَةِ . وَتَرْتَبِطُ هَذِهِ الدَّقَائِقُ بِقُوَّتَيْنِ رَئِيسِيَّتَيْنِ : كَهْرُومَغْنَاطِيسِيَّةٍ، وَنَوَوِيَّةٍ . فَيَتَجَاذَبُ الْبُرُوتُونُ الْمُوجَبُ وَالْإِلِكْتُرُونُ السَّالِبُ بِالْقُوَّةِ الْكَهْرُومَغْنَاطِيسِيَّةِ ، بَيْنَمَا تَعْمَلُ الْقُوَّةُ النَّوَوِيَّةُ بَيْنَ الْبُرُوتُونَاتِ وَالنِّيُوتْرُونَاتِ فِي النَّوَاةِ . وَمُنْذُ السِّتِّينِيَّاتِ أَخَذَ الْعُلَمَاءُ يُنَقِّبُونَ أَكْثَرَ فِي الذَّرَّةِ وَعَثَرُوا عَلَى دَقَائِقَ أَصْغَرَ غَرِيبَةِ الْأَطْوَارِ دَاخِلَ الْبُرُوتُونَاتِ وَالنِّيُوتْرُونَاتِ هِيَ الْكَوَارْكَاتُ وَهِيَ أَصْغَرُ مِنَ الْبُرُوتُونَاتِ أَلْفَ مَرَّةٍ ، وَلَهَا شِحْنَةٌ كَهْرَبِيَّةٌ تَبْلُغُ ١/٣ أو ٢/٣ شِحْنَةِ الْبُرُوتُونِ . وَبِالدِّرَاسَةِ ، اكْتُشِفَ سِتَّةُ أَنْوَاعٍ مِنَ الْكَوَارْكِ سُمِّيَتْ : فَوْق ، وَتَحْت ، وَغَرِيبًا ، وَسَاحِرًا ، وَقِمَّةً ، وَقَاعًا ، وَتُوجَدُ دَائِمًا فِي أَزْوَاجٍ . وَأَصْبَحَت الْكَوَارْكَاتُ هِيَ مَثَارَ اهْتِمَامِ الْفِيزْيَائِيِّينَ . أَمَّا الْكِيمْيَائِيُّونَ فَيَحْصُرُونَ اهْتِمَامَاتِهِمْ فِيمَا يَحْدُثُ عِنْدَ تَفَاعُلِ الذَّرَّاتِ لِتَكْوِينِ الْجُزَيْئَاتِ .

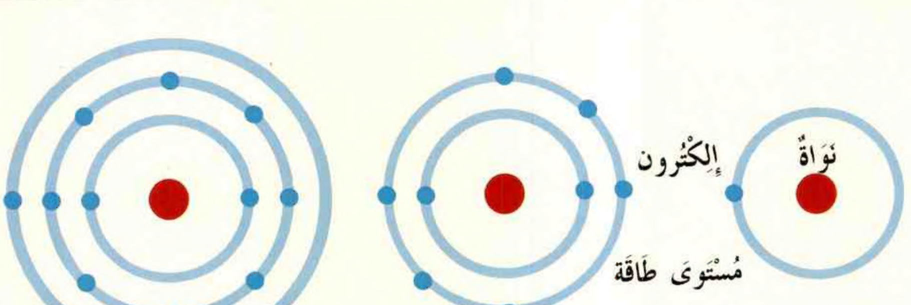
مِنْ قُطَيْرَةٍ إِلَى كَوَارْك

تَمَّ تَكْبِيرُ قَطْرَةِ مَاءٍ سَاقِطَةٍ مِنْ وَرَقَةِ شَجَرٍ (أَقْصَى يَمِين) عَلَى مَرَاحِلَ ، لِتَوْضِيحِ تَرْكِيبِهَا الْجُزَيْئِيِّ ، وَالذَّرِّيِّ ، وَتَحْتَ الذَّرِّيِّ . وَقَطْرَةُ الْمَاءِ هِيَ اتِّحَادٌ بَسِيطٌ بَيْنَ ذَرَّتَيْ هَيْدُرُوجِين (أَحْمَر) وَذَرَّةِ أُكْسُجِين (أَزْرَق) . وَتَتَكَوَّنُ ذَرَّةُ الْهَيْدُرُوجِين مِنْ نَوَاةٍ بِهَا بُرُوتُونٌ وَاحِدٌ يَدُورُ حَوْلَهُ إِلِكْتُرُونٌ وَاحِدٌ . أَمَّا ذَرَّةُ الْأُكْسُجِين فَهِيَ أَكْثَرُ تَعْقِيدًا ، فِيهَا ٨ بُرُوتُونَات ، ٨ نِيُوتْرُونَات فِي النَّوَاةِ ، وَيَدُورُ حَوْلَهَا ٨ إِلِكْتُرُونَات . وَقَدْ تَنْقَسِمُ الْبُرُتُونَاتُ وَالنِّيُوتْرُونَاتُ بَعْدَ ذَلِكَ إِلَى رُزَمٍ مِنَ الْكَوَارْكَاتِ ، فِي مَجْمُوعَاتٍ ثُلَاثِيَّةٍ .



مَدَارَاتُ الْإِلِكْتُرُون

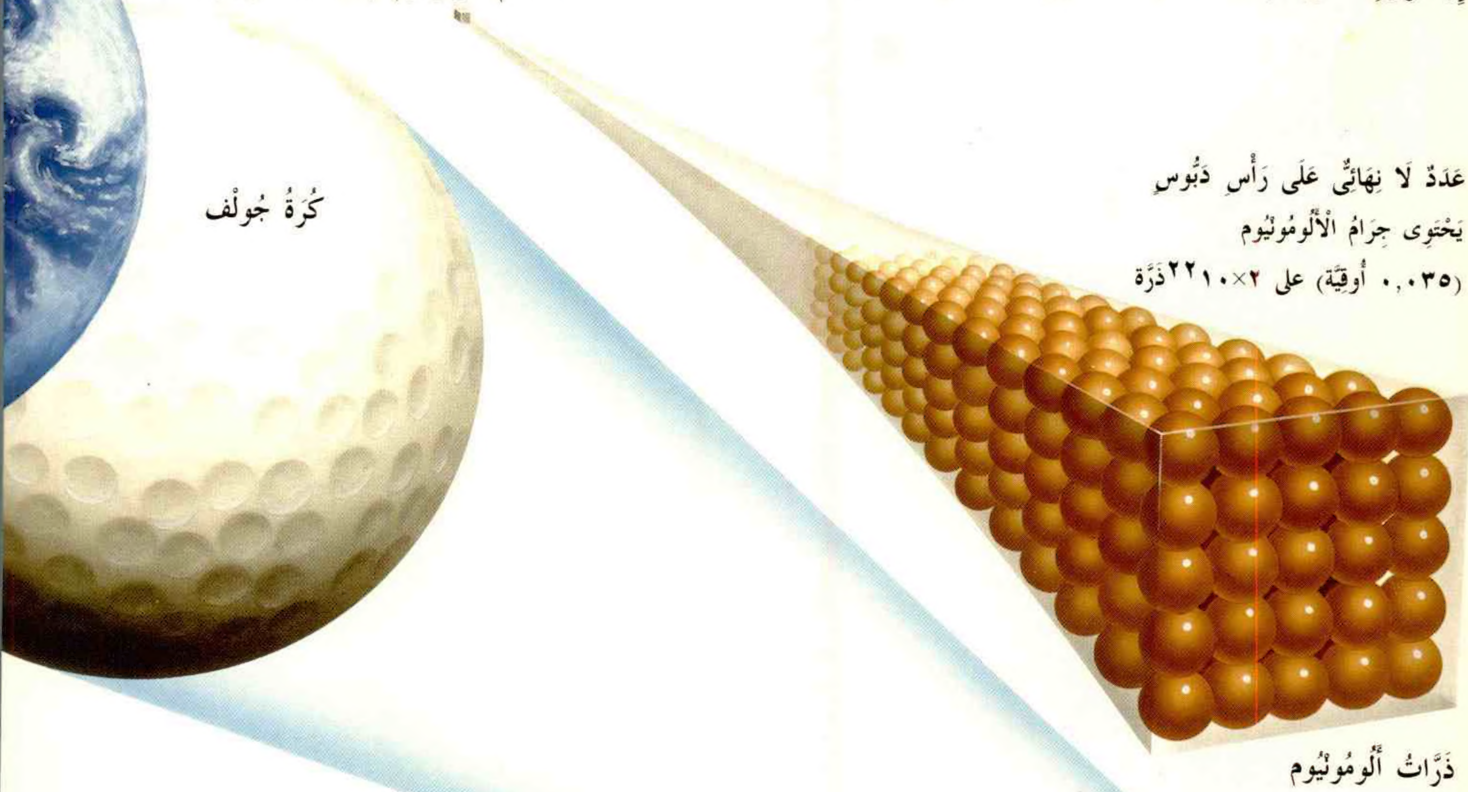
تَدُورُ الْإِلِكْتُرُونَاتُ فِي الذَّرَّةِ حَوْلَ النَّوَاةِ فِي مُسْتَوَيَاتِ طَاقَةٍ رَئِيسِيَّةٍ تَصِلُ إِلَى ٧. وَلِكُلِّ مُسْتَوًى عَدَدٌ مُحَدَّدٌ مِنَ الإِلِكْتُرُونَاتِ يَدُورُ فِي مَدَارَاتِهِ . وَيَظْهَرُ (يَسَار)، أَنَّ الْمُسْتَوَى الْأَوَّلَ قَدْ يَشْغَلُهُ ٢ إِلِكْتُرُون وَالثَّانِي حَتَّى ٨ إِلِكْتُرُونَاتٍ ، وَالثَّالِثُ حَتَّى ١٨ إِلِكْتُرُونًا . وَيُقَالُ إِنَّ هَذِهِ الْإِلِكْتُرُونَاتِ تَكْمُنُ فِي الْحَالَةِ الْمُسْتَقِرَّة .

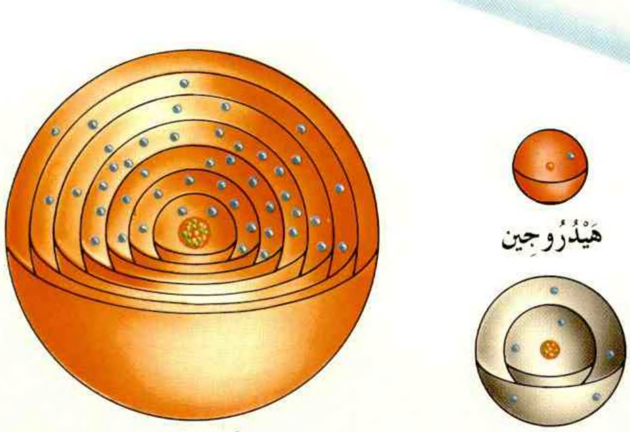


مَا هُوَ حَجْمُ الذَّرَّاتِ ؟

الذَّرَّاتُ هِىَ الْوَحَدَاتُ الرَّئِيسِيَّةُ لِبِنَاءِ الْمَادَّةِ ، وَهِىَ صَغِيرَةٌ لِدَرَجَةٍ خَيَالِيَّةٍ . فَإِذَا وُضِعَتْ أَكْثَرُ مِن مِلْيُونِ ذَرَّةٍ فَوْقَ بَعْضِهَا الْبَعْضِ فَإِنَّ سُمْكَهَا يَكَادُ يَصِلُ إِلَى سُمْكِ هَذِهِ الْوَرَقَةِ . وَدَاخِلَ كُلٍّ مِنْهَا النَّوَاةُ الْمُكَوَّنَةُ مِن الْبُرُوتُونَاتِ مُوجَبَةِ الشِّحْنَةِ ، وَالنُّيُوتْرُونَاتِ الْمُتَعَادِلَةِ . وَتَدُورُ الْإِلِكْتُرُونَاتُ السَّالِبَةُ الشِّحْنَةِ حَوْلَ النَّوَاةِ كَمَا تَدُورُ الْكَوَاكِبُ حَوْلَ الشَّمْسِ . وَيَقِيسُ الْعُلَمَاءُ حَجْمَ الذَّرَّةِ طِبْقًا لِنِصْفِ قُطْرِهَا ، مِنْ مَرْكَزِ النَّوَاةِ إِلَى مَدَارِ أَبْعَدِ إِلِكْتُرُونٍ . وَيُقَارِنُ الاخْتِلَافُ فِى حَجْمِ الذَّرَّاتِ بِالاخْتِلَافِ بَيْنَ بِلْيَةٍ وَكُرَةِ الْقَدَمِ . فَحَجْمُ ذَرَّةِ الْهَيْدُروجِين وَهِىَ أَصْغَرُ الذَّرَّاتِ يَشْغَلُ ١/١٠٠ مِن حَجْمِ ذَرَّةِ الْعُنْصُرِ الْمُشِعِّ الْفَرانْشيوم ، وَهُوَ أَكْبَرُ الذَّرَّاتِ . وَيُقَاسُ نِصْفُ قُطْرِ الذَّرَّةِ عَادَةً بِالنَانُومِتْر (١ مِنْ أَلْفِ مِلْيُونِ مِتْرٍ) وَيَخْتَصِرُ الْعُلَمَاءُ هَذِهِ الْقِيَاسَاتِ ، فـ الـ ٠,١ . يُعَبَّرُ عَنْهَا بـ 10^{-1}، الـ ٠,٠١ بـ 10^{-2}، وَلِلْأَعْدَادِ الْكَبِيرَةِ 2×10^{22} مثلا ، تُعَادِلُ الرَّقْم ٢ وَعَلَى يَمِينِهِ ٢٢ صِفْرًا .

١ جم أَلُومُونْيُوم (٠,٠٣٥ أُوقِيَّة)





مُقَارَنَةُ الْحَجْمِ الذَّرِّى

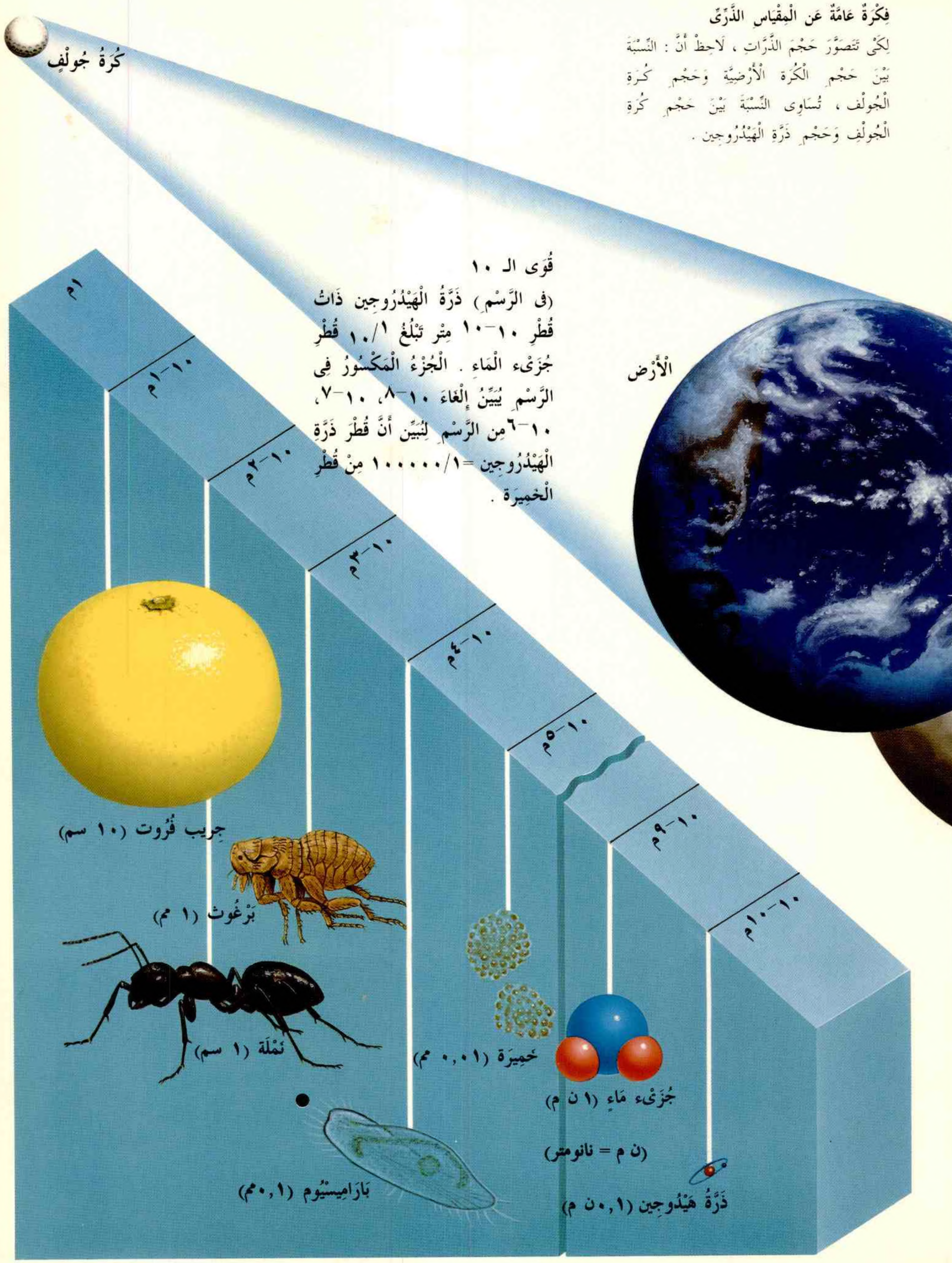
الذَّرَّاتُ الَّتِى لَا تَرَاهَا الْعَيْنُ الْمُجَرَّدَةُ، يَتَرَاوَحُ نِصْفُ قُطْرِهَا بَيْنَ الْهَيْدُرُوجِين وَالْفَرانْشِيُوم . وَيَتَحَدَّدُ الْحَجْمُ بعدد مُسْتَوَيَاتِ الْإِلِكْتُرُونَاتِ فِى كُلِّ ذَرَّةٍ .

فِكْرَةٌ عَامَّةٌ عَن الْمِقْيَاسِ الذَّرِّى

لِكَىْ تَتَصَوَّرَ حَجْمَ الذَّرَّاتِ ، لَاحِظْ أَنَّ : النِّسْبَةَ بَيْنَ حَجْمِ الْكُرَةِ الْأَرْضِيَّةِ وَحَجْمِ كُرَةِ الْجُولْف ، تُسَاوِى النِّسْبَةَ بَيْنَ حَجْمِ كُرَةِ الْجُولْفِ وَحَجْمِ ذَرَّةِ الْهَيْدُرُوجِين .

قُوَى الـ ١٠

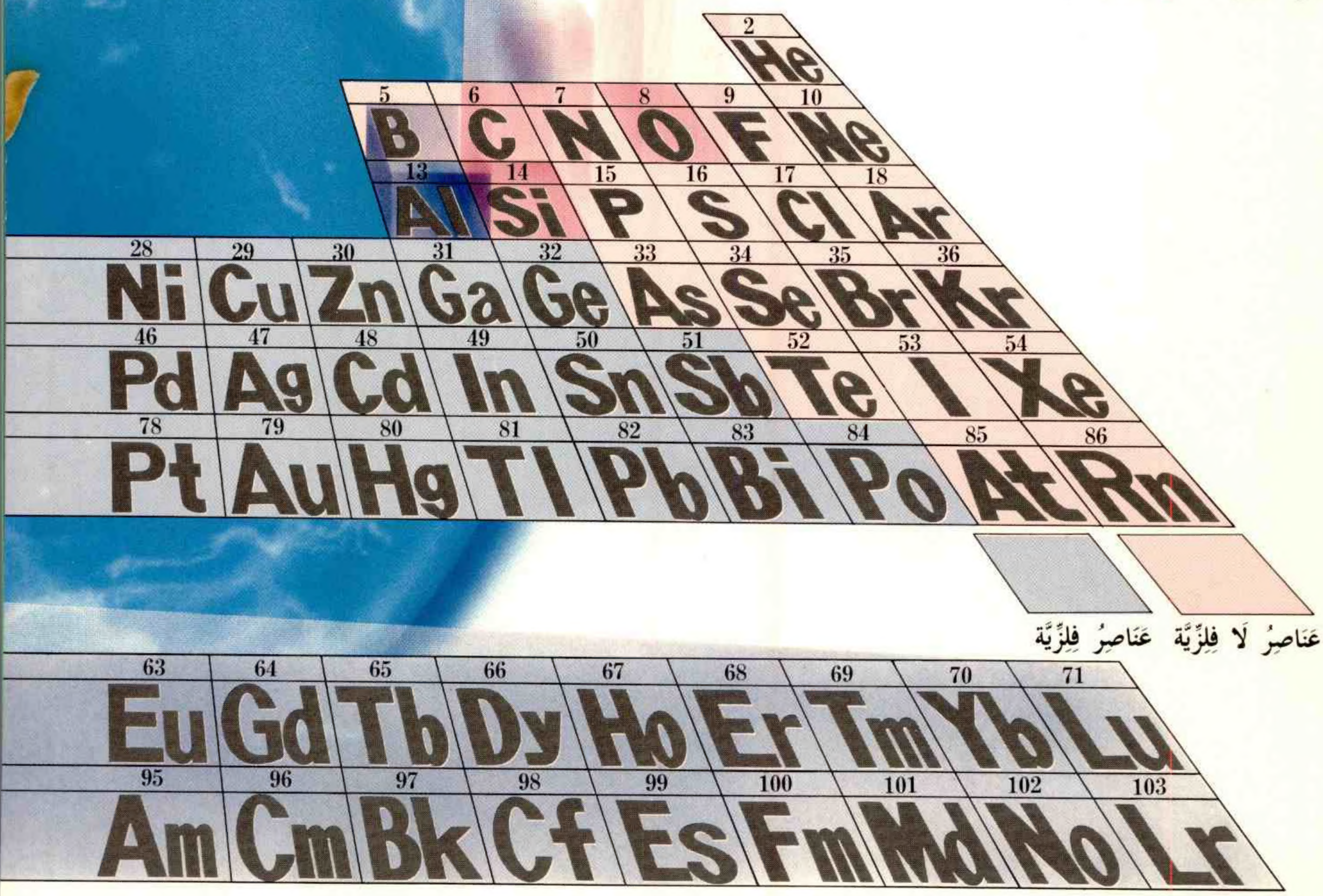
(فِى الرَّسْمِ) ذَرَّةُ الْهَيْدُرُوجِين ذَاتُ قُطْرِ $١٠^{-١٠}$ مِتر تَبْلُغُ ١/١٠ قُطْرِ جُزَىْءِ الْمَاءِ . الْجُزْءُ الْمَكْسُورُ فِى الرَّسْمِ يُبَيِّنُ إِلْغَاءَ $١٠^{-٨}$، $١٠^{-٧}$، $١٠^{-٦}$ مِن الرَّسْمِ لِنُبَيِّنَ أَنَّ قُطْرَ ذَرَّةِ الْهَيْدُرُوجِين =١/١٠٠٠٠٠ مِنْ قُطْرِ الْخَمِيرَة .



مَا هِىَ الْعَنَاصِرُ ؟

الْعَنَاصِرُ هِىَ الْمُكَوِّنَاتُ الْأَسَاسِيَّةُ لِلْكَوْنِ الَّتِى لَا يُمْكِنُ تَقْسِيمُهَا إِلَى مَوادَّ أَبْسَطَ . وَكُلُّ جِسْمٍ مِن النُّجُوم إِلَى رَقَائِقِ الْجَلِيدِ يَتَكَوَّنُ مِنْ عُنْصُرٍ أَوْ أَكْثَرَ مِنْ الـ ٩٢ عُنْصُرًا طَبِيعيًّا ، وَالـ ١٧ عُنْصُرًا صِنَاعِيًّا الَّتِى صَنَعَهَا الْإِنْسَانُ . وَلِكُلِّ عُنْصُرٍ تَرْكِيبُهُ الذَّرِّىُّ الْفَرِيدُ الذى يُحَدِّدُ خَوَاصَّهُ الْكِيمْيَائِيَّةَ . وَحَوَالَىْ ٨٠٪ مِنْ جَمِيعِ الْعَنَاصِرِ تُعْتَبَرُ فِلِزَّاتٍ ، أَىْ تُوَصِّلُ الْحَرَارَةَ ، وَيُمْكِنُ ثَنْيُهَا وَطَرْقُهَا ، وَلَهَا بَرِيقٌ . وَتَخْتَلِفُ عَنْهَا اللَّافِلِزَّاتُ الَّتِى تَشْمَلُ غَازَاتٍ وَسَوَائِلَ وَأَجْسَامًا صُلْبَةً . أَمَّا أَشْبَاهُ الْفِلِزَّاتِ فَتَجْمَعُ خَوَاصَّ الْفِلِزَّاتِ واللّافِلِزَّاتِ .

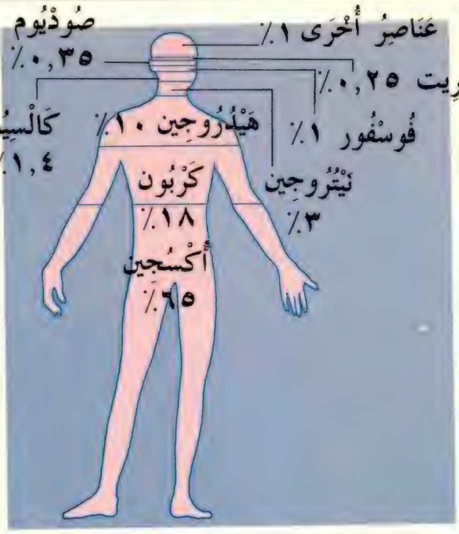
وَفِى عَامِ ١٨٦٩ ابْتَكَرَ عَالِمٌ رُوسِىٌّ هُوَ دِيمِتْرِى مَنْدَلِيف ، طَرِيقَةً لِتَرْتِيبِ الْعَنَاصِرِ تُوَضِّحُ أَهَمَّ خَوَاصِّهَا . وَتَطَوَّرَتْ طَرِيقَتُهُ إِلَى الْجَدْوَلِ الدَّوْرِىِّ لِلْعَنَاصِرِ الْمُسْتَخْدَمِ الْيَوْمَ ، والَّذِى يُرَتِّبُ الْعَنَاصِرَ فِى صُفُوفٍ حَسْبَ أَعْدَادِهَا الذَّرِّيَّةِ ، وَفِى أَعْمِدَةٍ حَسْبَ تَشَابُهِهَا كِيمْيَائِيًّا .



الْعَنَاصِرُ وَرُمُوزُهَا

H	1	هيدروجين
He	2	هيليوم
Li	3	ليثيوم
Be	4	بيريليوم
B	5	بورون
C	6	كربون
N	7	نيتروجين
O	8	أكسجين
F	9	فلور
Ne	10	نيون
Na	11	صوديوم
Mg	12	ماغنسيوم
Al	13	ألومنيوم
Si	14	سيليكون
P	15	فوسفور
S	16	كبريت
Cl	17	كلور
Ar	18	أرجون
K	19	بوتاسيوم
Ca	20	كالسيوم
Sc	21	سكانديوم
Ti	22	تيتانيوم
V	23	فاناديوم
Cr	24	كروم
Mn	25	منجنيز
Fe	26	حديد
Co	27	كوبلت
Ni	28	نيكل
Cu	29	نحاس
Zn	30	خارصين
Ga	31	جاليوم
Ge	32	جرمانيوم
As	33	زرنيخ
Se	34	سيلنيوم
Br	35	بروم
Kr	36	كربتون
Rb	37	روبيديوم
Sr	38	سترانشيوم
Y	39	إيتريوم
Zr	40	زركونيوم
Nb	41	نيوبيوم
Mo	42	موليبدنيوم
Tc	43	تكنتيوم
Ru	44	روثينيوم
Rh	45	روديوم
Pd	46	بالاديوم
Ag	47	فضة
Cd	48	كادميوم
In	49	إنديوم
Sn	50	قصدير
Sb	51	أنتيمون
Te	52	تيلوريوم

وُجِدَ عَلَى الْأَرْضِ ٩٢ عُنْصُرًا . وَفِى الْقِشْرَةِ الْأَرْضِيَّةِ ، تُشَكِّلُ ثَمَانِيَةٌ مِنْ هَذِهِ الْعَنَاصِرِ نِسْبَةَ ٩٠,٥٪ مِن الْكُتْلَةِ الْكُلِّيَّةِ . فَالْأُكْسُجِينُ أَكْثَرُ الْعَنَاصِرِ انْتِشَارًا عَلَى الْأَرْضِ (٤٩,٥٪) يَلِيهِ السِّلِيكُون (٢٥,٨٪) ثم الْأَلُومُونْيُوم (٧,٦٪) وَالْحَدِيد (٤,٧٪) وَالْكَالْسِيُوم (٣,٤٪) وَالصُّودْيُوم (٢,٦٪) وَالْبُوتَاسْيُوم (٢,٤٪) وَالْمَغْنِسْيُوم (١,٩٪). أَمَّا بَاقِى الْعَنَاصِرِ فَتُوجَدُ بِنِسْبَةِ ١٪ أَوْ أَقَلّ .



عَنَاصِرُ جِسْمِ الْإِنْسَانِ

يَأْتِى الْأُكْسُجِينُ عَلَى قِمَّةِ الْعَنَاصِرِ الْمُكَوِّنَةِ لِجِسْمِ الْإِنْسَانِ نَظَرًا لِكَمِّيَّةِ الْمَاءِ الْكَبِيرَةِ الَّتِى تَحْتَوِيهَا الْخَلَايَا وَالْأَنْسِجَة . يَلِيهِ الْكَرْبُونُ وَالْهَيْدْرُوجِينُ وَالنِّيْتْرُوجِينُ الَّتِى تُعْتَبَرُ أَسَاسِيَّةً لِكُلِّ أَشْكَالِ الْحَيَاةِ . وَتَلْعَبُ بَاقِى الْعَنَاصِرِ الْأُخْرَى النَّادِرَةِ أَدْوَارًا حَيَوِيَّةً فِى الصِّحَّةِ .

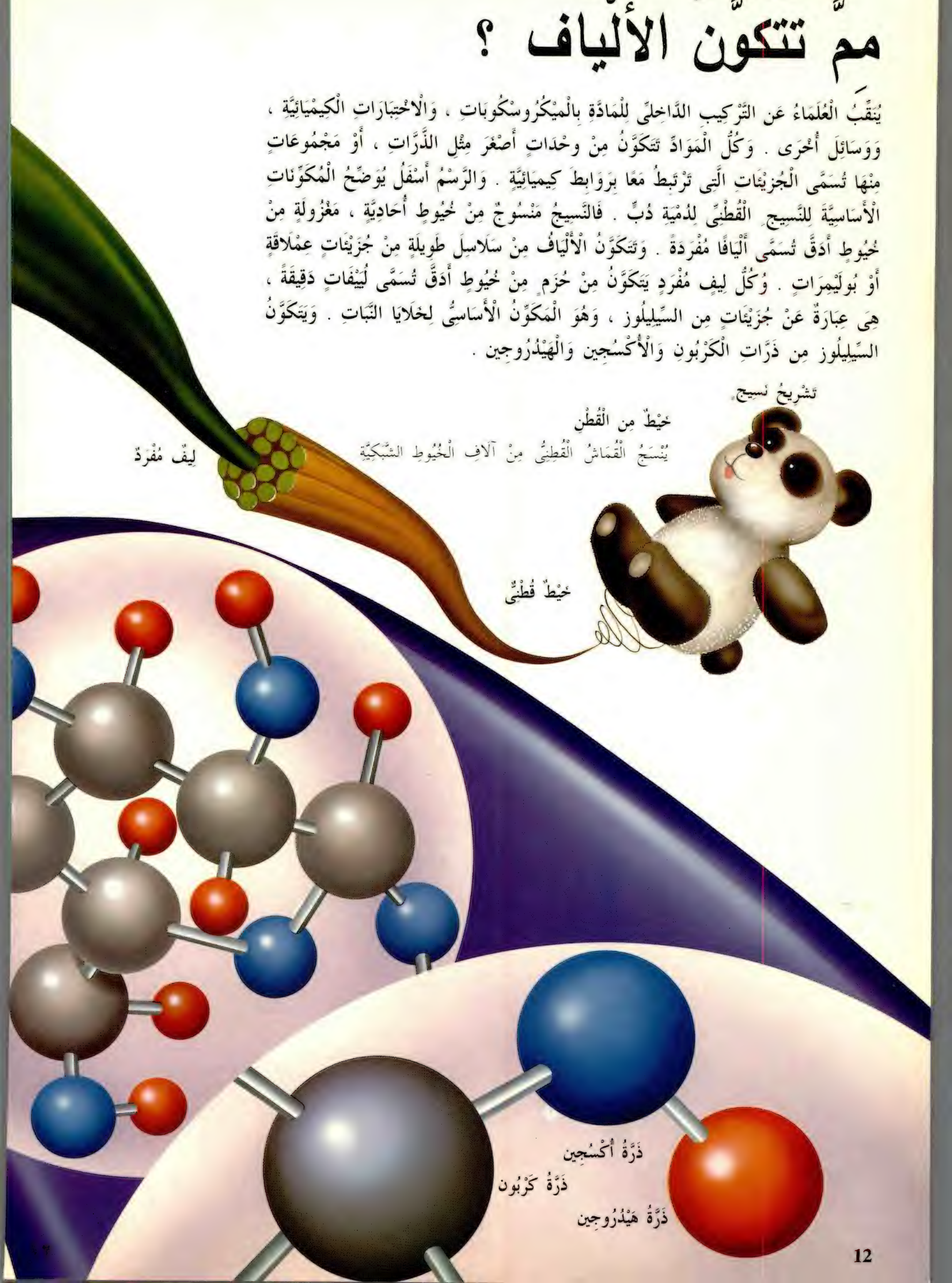


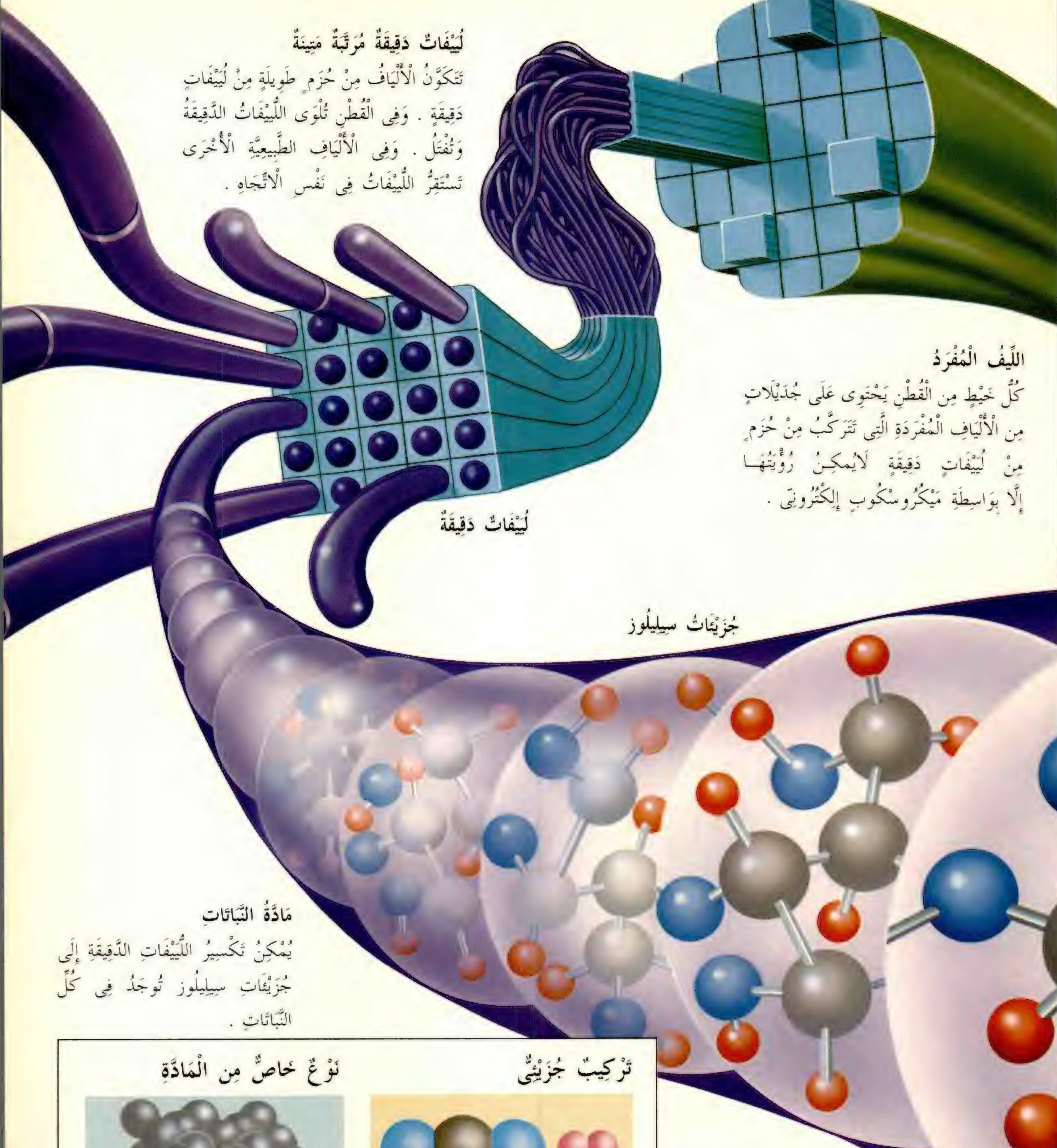
الْجَدْوَلُ الدَّوْرِىُّ لِلْعَنَاصِرِ

I	53	يود	Dy	66	ديسبروزيوم	Au	79	ذهب	U	92	يورانيوم
Xe	54	زينون	Ho	67	هولميوم	Hg	80	زئبق	Np	93	نبتونيوم
Cs	55	سزيوم	Er	68	إربيوم	Tl	81	ثاليوم	Pu	94	بلوتونيوم
Ba	56	باريوم	Tm	69	ثوليوم	Pb	82	رصاص	Am	95	أميركيوم
La	57	لانثانوم	Yb	70	يوتربيوم	Bi	83	بزموت	Cm	96	كيوريوم
Ce	58	سيزيوم	Lu	71	ليوتيتيوم	Po	84	بولونيوم	Bk	97	بركيليوم
Pr	59	برازيوديميوم	Hf	72	هافنيوم	At	85	أستاتين	Cf	98	كاليفورنيوم
Nd	60	نيوديميوم	Ta	73	تانتالوم	Rn	86	رادون	Es	99	أينشتاينيوم
Pm	61	بروميثيوم	W	74	تنجستن	Fr	87	فرانسيوم	Fm	100	فيرميوم
Sm	62	سامارنيوم	Re	75	رينيوم	Ra	88	راديوم	Md	101	مندليفيوم
Eu	63	إيروميوم	Os	76	أوزميوم	Ac	89	أكتينيوم	No	102	نوبليوم
Gd	64	جادولينيوم	Ir	77	إيريديوم	Th	90	ثوريوم	Lr	103	لورانسيوم
Tb	65	تربيوم	Pt	78	بلاتين	Pa	91	بروتاكتينيوم			

مِمَّ تَتَكَوَّنُ الأَلْيَاف ؟

يُنَقِّبُ الْعُلَمَاءُ عَن التَّرْكِيبِ الدَّاخِلِيِّ لِلْمَادَّةِ بِالْمِيكْرُوسْكُوبَاتِ ، وَالْاخْتِبَارَاتِ الْكِيمْيَائِيَّةِ ، وَوَسَائِلَ أُخْرَى . وَكُلُّ الْمَوَادِّ تَتَكَوَّنُ مِنْ وحْدَاتٍ أَصْغَرَ مِثْلِ الذَّرَّاتِ ، أَوْ مَجْمُوعَاتٍ مِنْهَا تُسَمَّى الْجُزَيْئَاتِ الَّتِى تَرْتَبِطُ مَعًا بِرَوَابِطَ كِيمِيَائِيَّةٍ . وَالرَّسْمُ أَسْفَلُ يُوضِّحُ الْمُكَوِّنَاتِ الْأَسَاسِيَّةَ لِلنَّسِيجِ الْقُطْنِيِّ لِدُمْيَةِ دُبٍّ . فَالنَّسِيجُ مَنْسُوجٌ مِنْ خُيُوطٍ أُحَادِيَّةٍ ، مَغْزُولَةٍ مِنْ خُيُوطٍ أَدَقَّ تُسَمَّى أَلْيَافًا مُفْرَدَةً . وَتَتَكَوَّنُ الْأَلْيَافُ مِنْ سَلَاسِلَ طَوِيلَةٍ مِنْ جُزَيْئَاتٍ عِمْلَاقَةٍ أَوْ بُولِيمَرَاتٍ . وَكُلُّ لِيفٍ مُفْرَدٍ يَتَكَوَّنُ مِنْ حُزَمٍ مِنْ خُيُوطٍ أَدَقَّ تُسَمَّى لُيَيْفَاتٍ دَقِيقَةً ، هِىَ عِبَارَةٌ عَنْ جُزَيْئَاتٍ مِنَ السِّيلِيلُوز ، وَهُوَ الْمُكَوِّنُ الْأَسَاسِىُّ لِخَلَايَا النَّبَاتِ . وَيَتَكَوَّنُ السِّيلِيلُوز مِن ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ وَالْأُكْسُجِين وَالْهَيْدْرُوجِين .





لُيَيْفَاتٌ دَقِيقَةٌ مُرَتَّبَةٌ مَتِينَةٌ

تَتَكَوَّنُ الْأَلْيَافُ مِنْ حُزَمٍ طَوِيلَةٍ مِنْ لُيَيْفَاتٍ دَقِيقَةٍ . وَفِى الْقُطْنِ تُلْوَى اللُّيَيْفَاتُ الدَّقِيقَةُ وَتُفْتَلُ . وَفِى الْأَلْيَافِ الطَّبِيعِيَّةِ الْأُخْرَى تَسْتَقِرُّ اللُّيَيْفَاتُ فِى نَفْسِ الْاتِّجَاهِ .

اللِّيفُ الْمُفْرَدُ

كُلُّ خَيْطٍ مِنَ الْقُطْنِ يَحْتَوِى عَلَى جُدَيْلَاتٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الْمُفْرَدَةِ الَّتِى تَتَرَكَّبُ مِنْ حُزَمٍ مِنْ لُيَيْفَاتٍ دَقِيقَةٍ لَايُمكِنُ رُؤْيَتُهَا إِلَّا بِوَاسِطَةِ مِيكْرُوسْكُوبٍ إِلِكْتُرُونِى .

مَادَّةُ النَّبَاتَاتِ

يُمْكِنُ تَكْسِيرُ اللُّيَيْفَاتِ الدَّقِيقَةِ إِلَى جُزَيْئَاتِ سِلِيلُوز تُوجَدُ فِى كُلِّ النَّبَاتَاتِ .

عَالَمُ الذَّرَّةِ

تَتَكَوَّنُ جُزَيْئَاتُ السِّلِيلُوز مِنْ كَرْبُون (رَمَادِىّ) وَهَيْدْرُوجِين (أَحْمَر) وَأُكْسُجِين (أَزْرَق) تَرْبِطُهَا رَوَابِطُ كِيمْيَائِيَّة .

تَرْكِيبٌ جُزَيْئِىٌّ



كُلُّ نَوْعٍ لِلْمَادَّةِ يُوجَدُ كَجُزَيْئَاتٍ مُكَوَّنَةٍ مِن ذَرَّاتٍ مُخْتَلِفَةِ النَّوْعِ وَالْعَدَدِ .

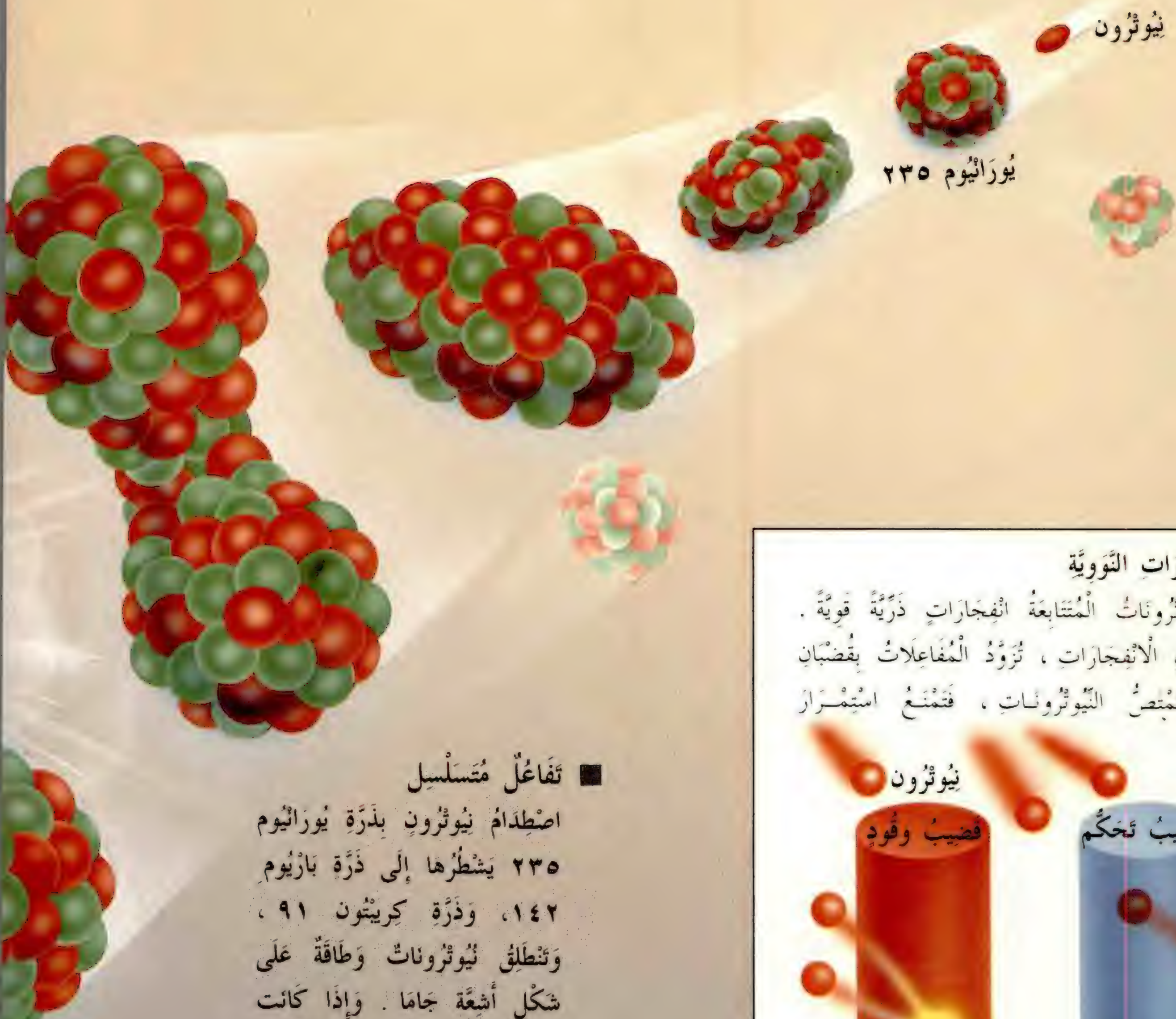
نَوْعٌ خَاصٌّ مِن الْمَادَّةِ



ذَرَات الْفِلِزَّاتِ تَتَّصِلُ بِبَعْضِهَا البعض بِنِظَامٍ خَاصٍّ يُسَمَّى الشَّبَكَةَ الْبِلُّورِيَّة .

كَيْفَ يَحْدُثُ الانْشِطَارُ النَّوَوِىُّ ؟

الانْشِطَارُ النَّوَوِىُّ هُوَ عَمَلِيَّةُ انْقِسَامِ نَوَاةِ الذَّرَّةِ إِلَى قِسْمَيْنِ . وَيَحْدُثُ عَادَةً فِى الْعَنَاصِرِ الْمُشِعَّةِ مِثْلِ الْيُورَانْيُوم وَالْبْلُوتُونْيُوم . فَهَذِهِ الْعَنَاصِرُ لَهَا نَوَيَاتٌ كَبِيرَةٌ غَيْرُ مُسْتَقِرَّةٍ تَتَحَلَّلُ بِمُرُورِ الزَّمَنِ . وَعِنْدَمَا تَتَلاشَى الْقُوَّةُ الَّتِى تَرْبِطُ مُكَوِّنَاتِ النَوَاةِ بِبَعْضِهَا ، فَإِنَ الْبُرُوتُونَاتِ وَالنُّيُوتْرُونَاتِ تُعِيدُ تَرْتِيبَ نَفْسِهَا لِتُكَوِّنَ ذَرَّتَيْنِ جَدِيدَتَيْنِ ، وَتَبْعَثُ طَاقَةً وَنيُوتْرُنَات . وَانْبِعَاثُ النُّيُوتْرُونَاتِ يُسَبِّبُ تَحَلُّلَ ذَرَّاتٍ أُخْرَى تُؤَدِّى إِلَى سِلْسِلَةِ تَفَاعُلاتٍ تُثِيرُ الذَّرَّاتِ الْمُجَاوِرَةَ لِتَنْقَسِمَ . وَعِنْدَمَا تَصِلُ هَذِهِ التَّفَاعُلاتُ إِلَى الْحَالَةِ الْحَرِجَةِ ، فَقَدْ تُؤَدِّى إِلَى انْفِجَارَاتٍ مُتَسَلْسِلَةٍ كَالَّتِى تَحْدُثُ مِن الْقُنْبُلَةِ الذَّرِّيَّةِ . وَفِى الْمُفَاعِلاتِ النَّوَوِيَّةِ حَيْثُ يَتِمُّ التَّحَكُّمُ فِى الانْشِطَارِ النَّوَوِىِّ ، فَإِنَّ الْحَرَارَةَ النَّاتِجَةَ عَن انْشِطَارِ الْوَقُودِ النَّوَوِىِّ مِثْلَ يُورَانْيُوم ٢٣٥ (أَسْفَل) يُمْكِنُ اسْتِخْدَامُهَا لِتَشْغِيلِ مُوَلِّدَاتٍ بُخَارِيَّةٍ تُنْتِجُ الْكَهْرَبَاءَ .



■ تَفَاعُلٌ مُتَسَلْسِل

اصْطِدَامُ نيُوتْرُونٍ بِذَرَّةِ يُورَانْيُوم ٢٣٥ يَشْطُرُهَا إِلَى ذَرَّةِ بَارْيُوم ١٤٢، وَذَرَّةِ كِرِيبْتُون ٩١ ، وَتَنْطَلِقُ نُيُوتْرُونَاتٌ وَطَاقَةٌ عَلَى شَكْلِ أَشِعَّةِ جَامَا . وَإِذَا كَانَت الْمَادَّةُ الْمُشِعَّةُ كَافِيَةً ، فَإِنَّ التَّفَاعُلَ الْمُتَسَلْسِلَ يَسْتَمِرُّ ذَاتِيًا حَتَّى تَنْقَسِمَ جَمِيعُ نَوَيَاتِ الْيُورَانْيُوم .

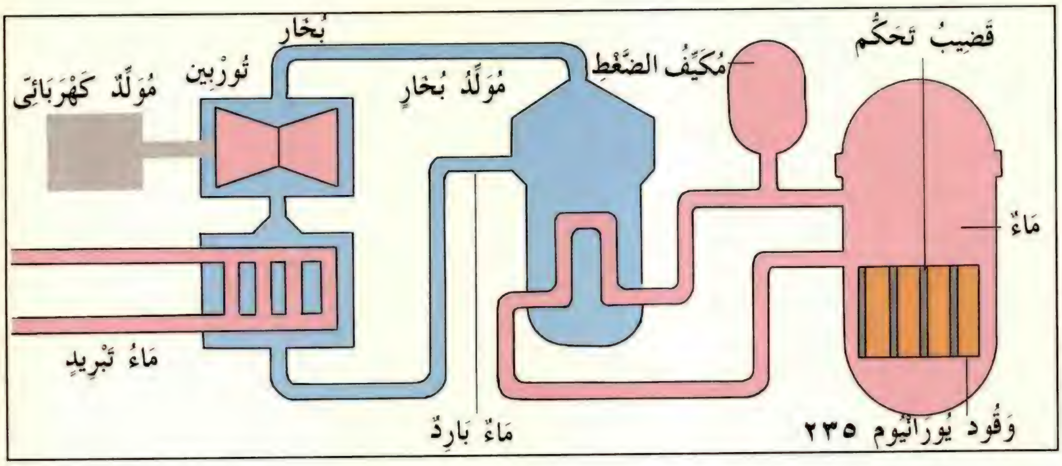
مَنْعُ الانْفِجَارَاتِ النَّوَوِيَّة

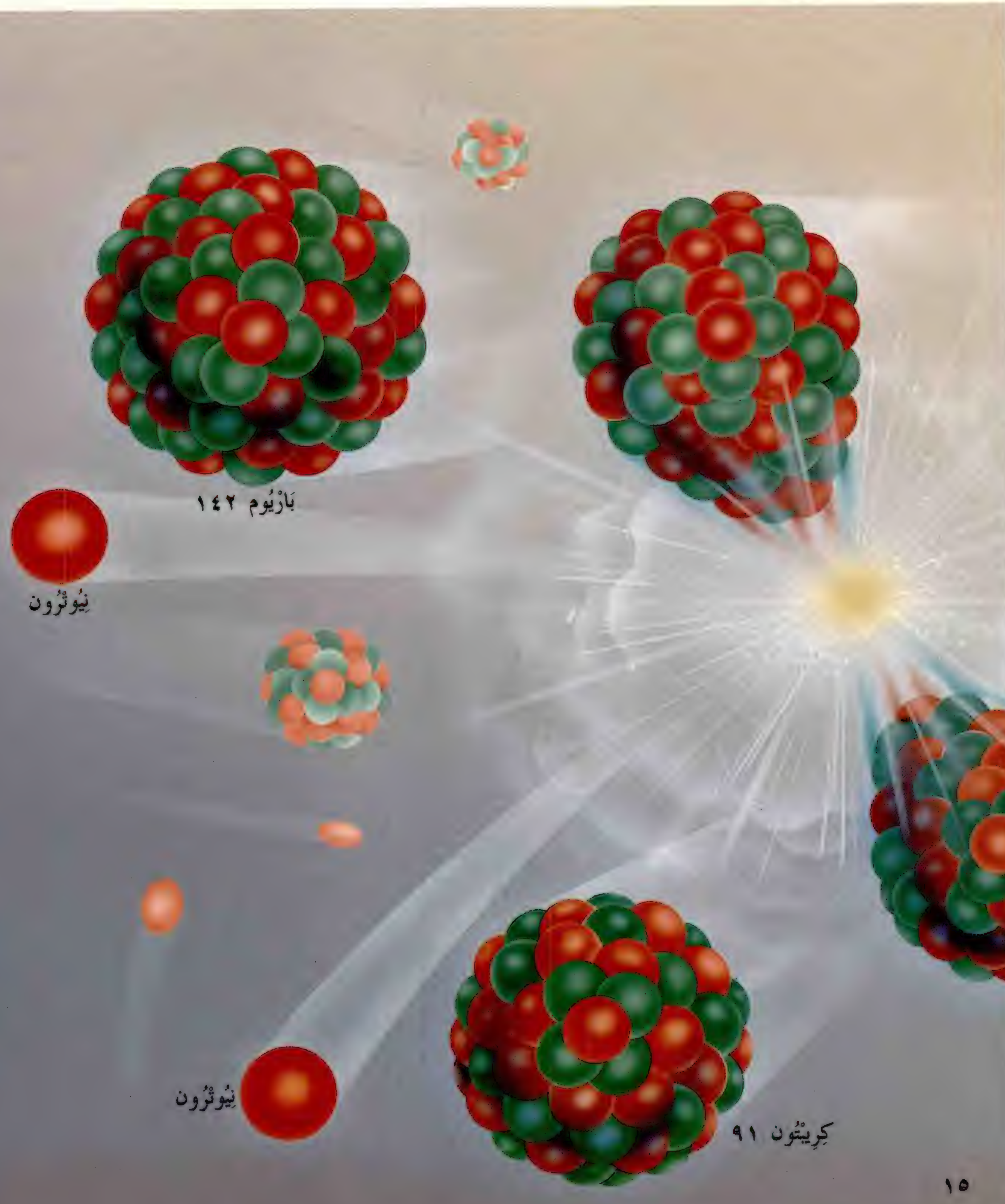
تُسَبِّبُ النُّيُوتْرُونَاتُ الْمُتَتَابِعَةُ انْفِجَارَاتٍ ذَرِّيَّةً قَوِيَّةً . وَلِكَبْحِ هَذِهِ الانْفِجَارَاتِ ، تُزَوَّدُ الْمُفَاعِلاتُ بِقُضْبَانِ تَحَكُّمٍ ، تَمْتَصُّ النُّيُوتْرُونَاتِ ، فَتَمْنَعُ اسْتِمْرَارَ الانْشِطَارِ .



مُوَلِّدُ طَاقَةٍ نَوَوِىّ

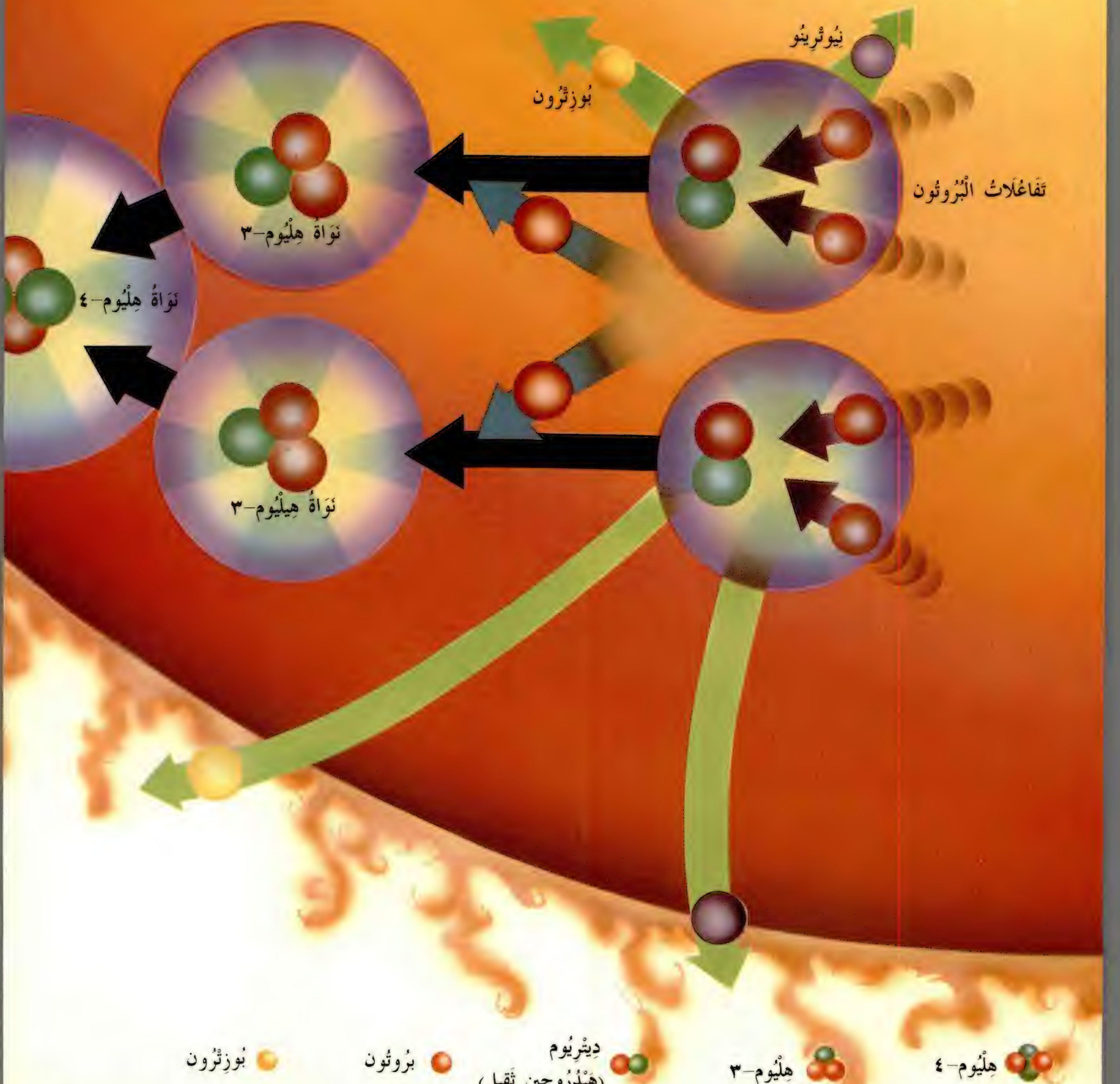
يُوَضِّحُ الرَّسْمُ مُفَاعِلًا نَوَوِيًّا مِن النَّوْعِ الْمُسْتَخْدَمِ بِوَاسِطَةِ الشَّرِكَاتِ الْعَامَّةِ . وَالتَّفَاعُلُ النَّوَوِىُّ يُسَخِّنُ الْمَاءَ إِلَى ٣٠٠°م (٥٧٢°ف). ثُمَّ يَمُرُّ هَذَا الْمَاءُ إِلى مُوَلِّدٍ بُخَارِىٍّ لِيُسَخِّنَ مَصْدَرًا آخَرَ لِلْمَاءِ حتَّى الْغَلَيَانِ . وَيَمُرُّ الْبُخَارُ النَّاتِجُ إِلَى تُورْبِين فَيُدِيرُهُ لِيُوَلِّدَ الْكَهْرَبَاءَ . وَتُسْتَخْدَمُ دَوْرَتَانِ لِلْمَاءِ الْبَارِدِ فِى كِلَا النِّظَامَيْنِ .





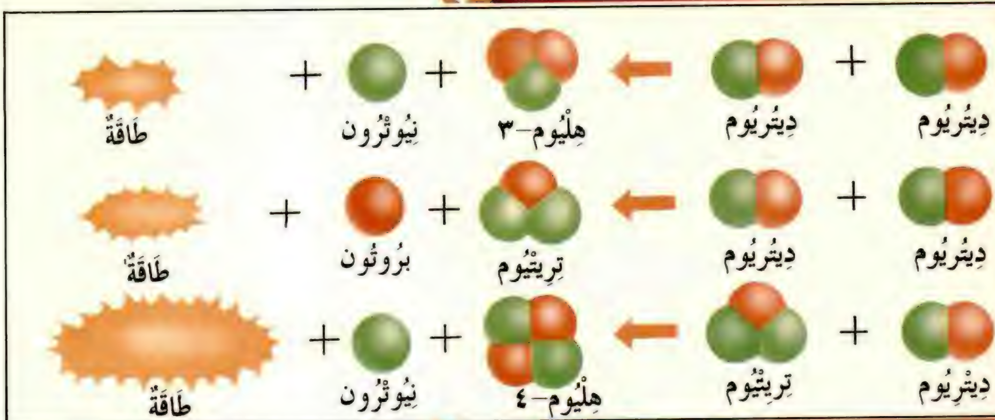
مَا هُوَ الانْدِمَاجُ النَّوَوِىُّ ؟

فِى الْاِنْدِمَاجِ النَّوَوِىّ ، تَتَّحِدُ نَوَاتَا ذَرَّتَيْنِ خَفِيفَتَيْنِ لِتُكَوِّنَا ذَرَّةً ثَقِيلَة . وَيَحْدُثُ هَذَا طَبِيعِيًّا فِى قَلْبِ النُّجُومِ ، حَيْثُ يَكُونُ الضَّغْطُ وَدَرَجَةُ الْحَرَارَةِ عَالِيَيْنِ بِدَرَجَةٍ كَافِيَةٍ لِلتَّغَلُّبِ عَلَى قُوَّةِ التَّنَافُرِ بَيْنَ النَّوَاتَيْنِ وَلِتَكْسِرَ قُوَّةَ التَّمَاسُكِ بَيْنَ الْبُرُوتُونَاتِ وَالنُّيُوتْرُونَاتِ . وَفِى دَاخِلِ النُّجُومِ تَنْدمِجُ النَّوَيَاتُ عِنْدَمَا تَتَصَادَمُ (أَسْفَل) وَتَتَكَوَّنُ نَوَاةٌ جَدِيدَةٌ وَنيُوتْرُونَاتٌ وَبُرُوتُونَاتٌ وَدَقَائِقُ تَحْتَ ذَرِّيَّةٍ أُخْرَى تُسَمَّى النّيُوتْرِنيوات وَالْبُوزَتْرُونَاتِ ، وَتَنْطَلِقُ طَاقَةٌ . وَيَأْمُلُ الْعُلَمَاءُ فِى تَوْلِيدِ طَاقَةٍ كَبِيرَةٍ مِنَ الانْدِمَاجِ النَّوَوِىّ فِى الْمَعَامِلِ ، وَيَعْمَلُونَ لِضَبْطِ الْمُفَاعِلَاتِ لِتُوَفِّرَ ظُرُوفًا نَجْمِيَّةً .



تَفَاعُلَاتٌ انْدِمَاجِيَّة

ثَلَاثُ تَفَاعُلَاتٍ تُبَيِّنُ : انْدِمَاجَ نَوَاتَىْ دِيتْرِيُوم (أَعْلَى) بِكُلٍّ مِنْهُمَا بُرُوتُون وَنِيُوتْرُون ، لِتُكَوِّنَا هِلْيُوم٣ . وَقَدْ يُنْتِجُ نَفْسُ التَّفَاعُلِ (وَسَطَ) تِرِيتْيُوم بِهِ بُرُوتُونٌ وَاحِدٌ وَنِيُوتْرُونَانِ . كَمَا تَتَّحِدُ نَوَاتَا الدِّيتْرِيُوم والتِّرِيتْيُوم (أسفل) لِتُكَوِّنَا هِلْيُوم٤ . وَفِى كُلِّ تَفَاعُلٍ تَنْطَلِقُ جُسَيْمَاتٌ وَطَاقَةٌ .



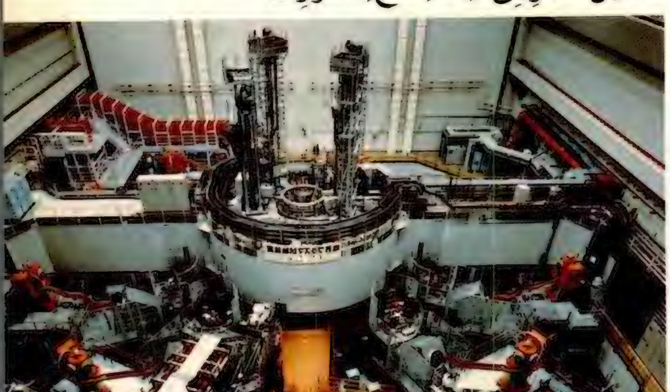


انْدِمَاجٌ نَوَوِيٌّ فِى الْمَعْمَل

الْمُفَاعِلَاتُ الْانْدِمَاجِيَّةُ مَازَالَتْ فِى مَرْحَلَةِ التَّجْرِيبِ ، وَغَالِبًا لَهَا شَكْلُ الْكَعْكَةِ الْمُبَيَّنَةِ أَسْفَل . وَيَدُورُ دَاخِلَ هَذِهِ الْخِزَانَةِ بِلَازْمَا ، وَهِىَ غَازٌ مَشْحُونٌ بِدَرَجَةٍ عَالِيَةٍ مُسَخَّنٌ لِدَرَجَةِ ١٠٠ مِلْيُونِ دَرَجَةٍ مِئَوِيَّةٍ عَلَى الْأَقَلِّ (١٨٠ مِلْيُون °ف) وَيُحِيطُ بِالْبِلَازْمَا مَجَالٌ مَغْنَاطِيسِىٌّ قَوِىٌّ يَحْفَظُهَا عَنْ جِدَارِ الْخِزَانَةِ حَتَّى لَاتَنْصَهِر .



مُفَاعِلٌ تَجْرِيبِىٌّ لِلْانْدِمَاجِ النَّوَوِىِّ .



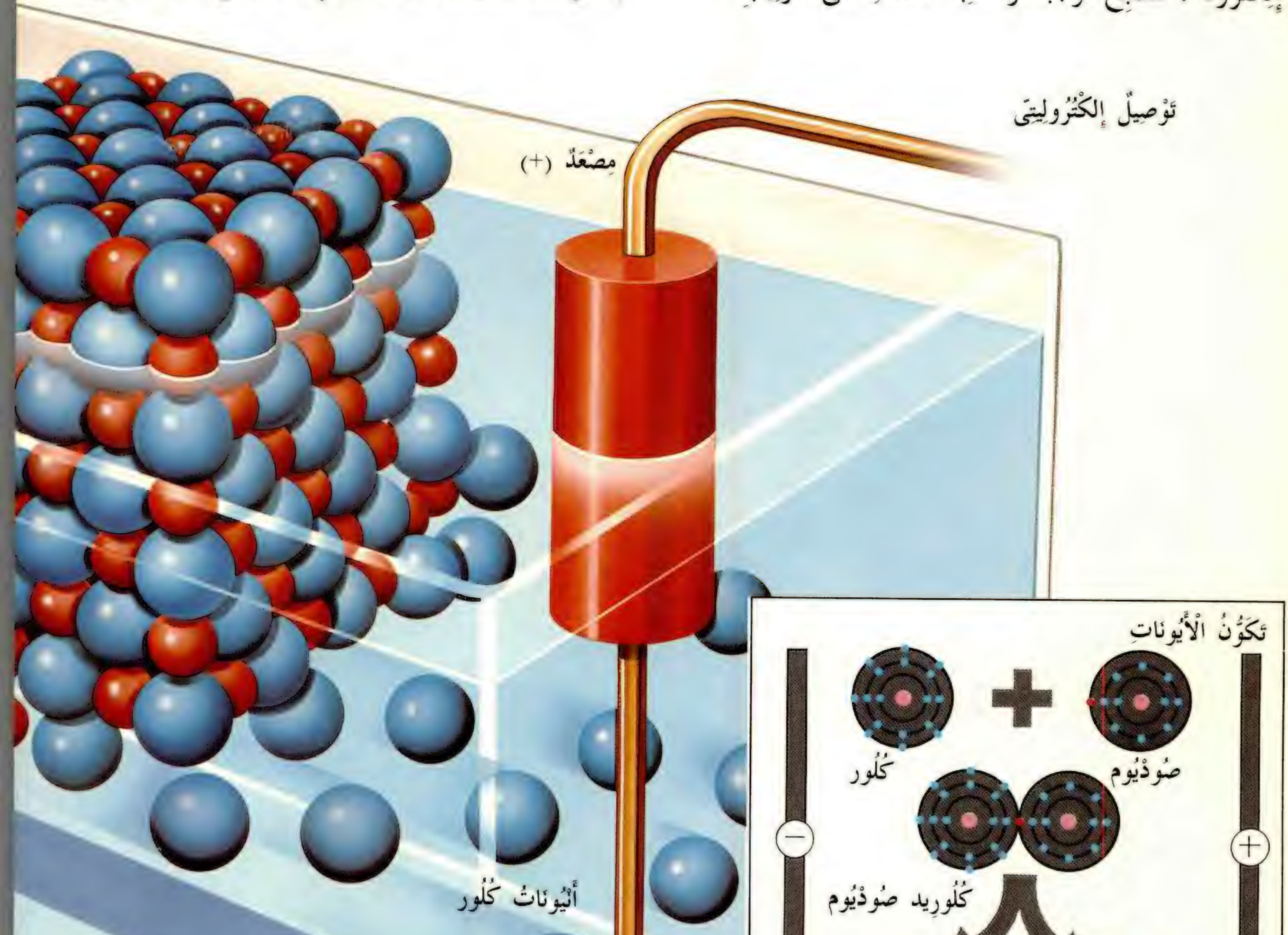
نَشَاطٌ أَكْبَرُ مِنْ حَجْمِهِ

انْدِمَاجُ رِطْلٍ مِنَ الْهَيْدُرُوجِين يُحَرِّرُ طَاقَةً تُعَادِلُ طَاقَةَ احْتِرَاقِ ٩٠٠٠ طِنٍّ مِن الْفَحْمِ .



كَيْفَ يُوَصِّلُ الْمِلْحُ التَّيَّارَ الْكَهْرَبِىَّ ؟

تُوَصِّلُ مَوَادُّ مُعَيَّنَةٌ التَّيَّارَ الْكَهْرَبِىَّ . وَفِى الْمَوَادِّ الْمُوَصِّلَةِ لِلْكَهْرَبِيَّةِ يَنْتُجُ تَيَّارٌ كَهْرَبِىٌّ عِنْدَمَا تَتْرُكُ الإِلِكْتُرُونَاتُ رَوَابِطَهَا الذَّرِّيَّةَ وَتَتَحَرَّكُ بِحُرِّيَّةٍ . وَلَكِنِ الْمَوَادُّ مِثْلَ مِلْحِ الطَّعَامِ (كُلُورِيد الصُّودْيُوم) مُوَصِّلَاتٌ رَدِيئَةٌ لِأَنَّ إِلِكْتُرُونَاتِهَا لَا تَتَحَرَّكُ بِسُهُولَةٍ . وَلَكِنْ عِنْدَمَا يُذَابُ الْمِلْحُ فِى سَائِلٍ مِثْلِ الْمَاءِ ، يَتَغَيَّرُ الْمَوْقِفُ . فَإِنَّ ذَرَّاتِ الصُّودْيُوم وَالْكُلُورِ تَتَأَيَّنُ ، أَىْ أَنَّهَا تَفْقِدُ أَوْ تَكْتَسِبُ إِلِكْتُرُونًا ، فَتُصْبِحُ مُوجَبَةً أَوْ سَالِبَةَ الشِّحْنَةِ عَلَى التَّرْتِيبِ ، وَتُوَصِّلُ الْكَهْرَبِيَّةَ . وَالْمَوَادُّ الَّتِى لَاتُوَصِّلُ الْكَهْرَبِيَّةَ وَهِىَ صُلْبَةٌ وَلَكِنَّهَا تُوَصِّلُهَا وَهِىَ فِى الْحَالَةِ السَّائِلَةِ تُسَمَّى إِلِكْتُرُولِينَاتٍ . وَيُمْكِنُ تَوْضِيحُ هَذِهِ الظَّاهِرَةِ بِوَضْعِ سَارِيَتَيْنِ — مَصْعَدٌ مُوجَبُ الشِّحْنَةِ ، وَمَهْبِطٌ سَالِبُ الشِّحْنَةِ — فِى مَحْلُولِ مِلْحِ الطَّعَامِ (أَسْفَل) وَلِأَنَّ الشِّحْنَاتِ الْمُخْتَلِفَةَ تَتَجَاذَبُ ، فَإِنَّ الْأَنْيُونَاتِ (الْأَيُونَاتِ السَّالِبَة) تَتَّجِهُ نَحْوَ الْمَصْعَدِ ، بَيْنَمَا تَتَّجِهُ الْكَاتْيُونَاتُ (الْأَيُونَاتُ الْمُوجَبَة) نَحْوَ الْمَهْبِطِ ، فَيَنْتُجُ تَيَّارٌ كَهْرَبِىٌّ .



تَتَّحِدُ ذَرَّتَا الصُّودْيُوم وَالْكُلُورِ (أَعْلَى) لِتُكَوِّنَا كُلُورِيدَ الصُّودْيُوم أَوْ مِلْحَ الطَّعَامِ (وَسَط) . وَعِنْدَمَا يَذُوبُ الْمِلْحُ (أَسْفَل)، يَنْفَصِلُ الْكُلُورُ عَنِ الصُّودْيُوم بَعْدَ أَنْ يَسْرِقَ إِلِكْتُرُونًا ، فَيَنْتُجُ أَيُونَاتِ كُلُورٍ سَالِبَةً ، وَأَيُونَاتِ صُودْيُوم مُوجَبَةً .

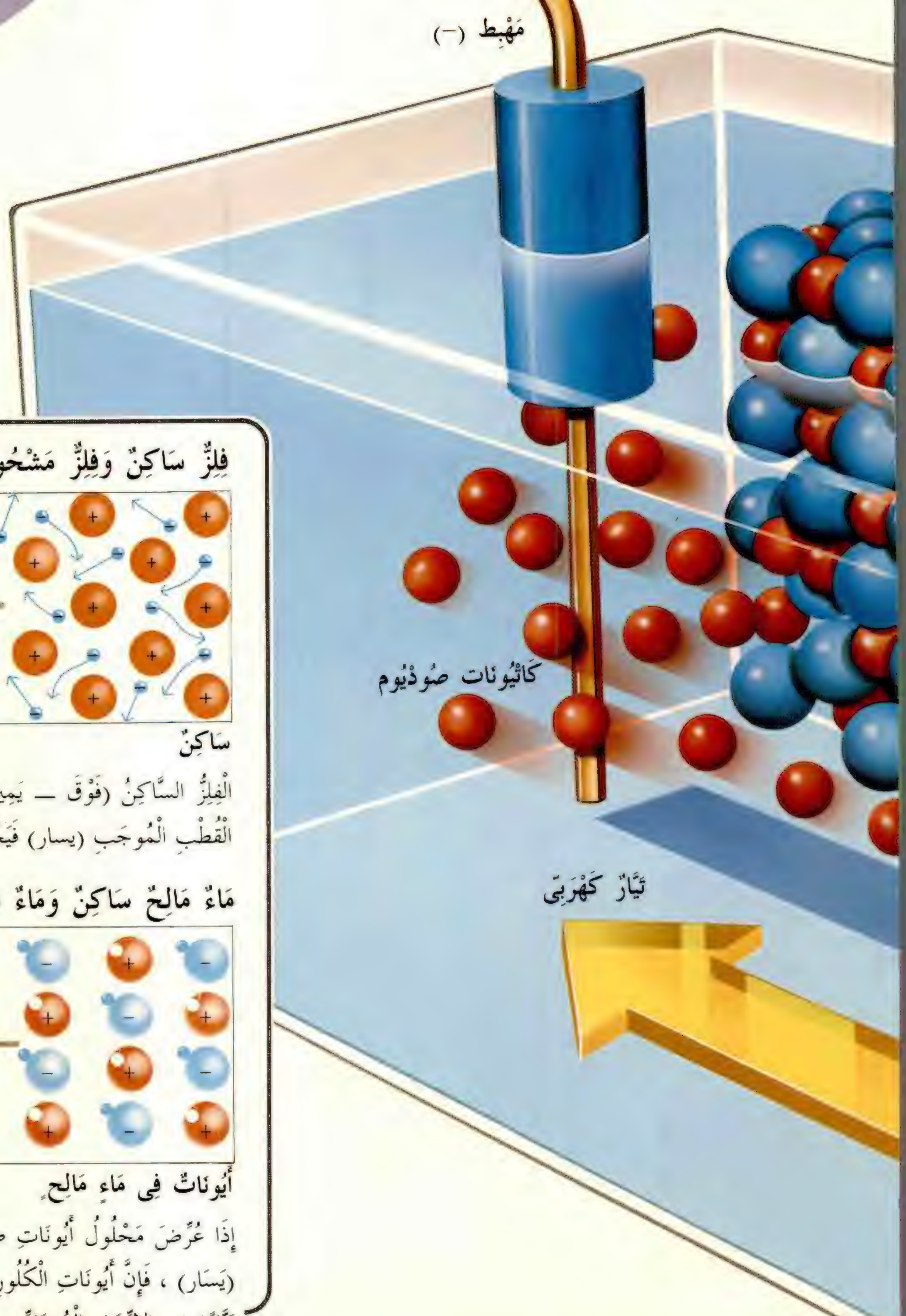
تَوْصِيلُ الْفِلِزَّاتِ

تَكُونُ ذَرَّاتُ الْفِلِزَّاتِ مُتَقَارِبَةً وَمُكَدَّسَةً مِثْل النُّحَاسِ (مُكَبَّر — يَسَار) وَهَذَا يَسْمَحُ لِلْإِلِكْتْرُونَاتِ الْحُرَّةِ بِالْحَرَكَةِ خِلَالَ بِلُّورَةِ الْفِلِزِّ .

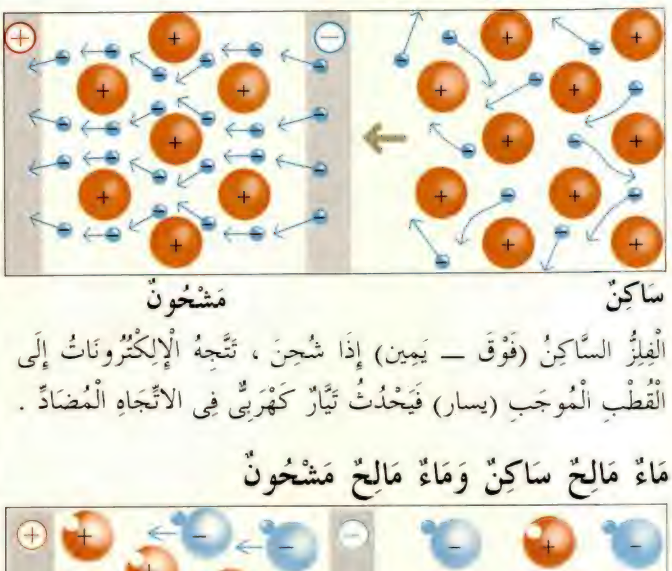


كَيْفَ يُوصِّلُ مِلْحُ الطَّعَامِ ؟

يَتفكّكُ مِلْحُ الطَّعَامِ بِالذَّوَبَانِ وَيَسْمَحُ بِالتَّوْصِيلِ . أَيُونَاتُ الْكُلُورِ (أَزْرَق) تَتَّجِهُ نَحْوَ الْمِصْعَدِ (+)، وَتَتَّجِهُ أَيُونَاتُ الصُّودْيُومِ (أحمر) إِلَى الْمَهْبِطِ (−) .



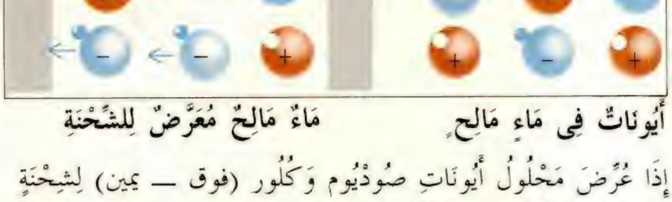
فِلِزٌّ سَاكِنٌ وَفِلِزٌّ مَشْحُونٌ



سَاكِنٌ — مَشْحُونٌ

الْفِلِزُّ السَّاكِنُ (فَوْق — يمين) إِذَا شُحِنَ ، تَتَّجِهُ الْإِلِكْتْرُونَاتُ إِلَى الْقُطْبِ الْمُوجَبِ (يسار) فَيَحْدُثُ تَيَّارٌ كَهْرَبِيٌّ فِي الاتِّجَاهِ الْمُضَادِّ .

مَاءٌ مَالِحٌ سَاكِنٌ وَمَاءٌ مَالِحٌ مَشْحُونٌ



أَيُونَاتٌ فِي مَاءٍ مَالِحٍ — مَاءٌ مَالِحٌ مُعَرَّضٌ لِلشَّحْنَةِ

إِذَا عُرِّضَ مَحْلُولُ أَيُونَاتِ صُودْيُوم وَكُلُور (فوق — يمين) لِشِحْنَةٍ (يَسَار) ، فَإِنَّ أَيُونَاتِ الْكُلُورِ تَبْحَثُ عَنِ الْقُطْبِ الْمُوجَبِ ، مُحْدِثَةً تَيَّارًا فِي الاتِّجَاهِ الْمُضَادِّ .

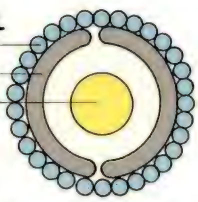
كَيْفَ تَتَكَوَّنُ الْغَرْوَانِيَّاتُ ؟



الْغَرْوَانِيَّاتُ هِىَ مَخْلُوطٌ مِنْ مَوَادَّ يَتَوَزَّعُ دَاخِلَهَا بِانْتِظَامٍ دَقَائِقُ مِنْ سَوَائِلَ وَأَجْسَامٍ صُلْبَةٍ أَوْ غَازَاتٍ . وَحَجْمُ هَذِهِ الدَّقَائِقِ يُحَدِّدُ خَوَاصَّ الْغَرْوَانِىّ . وَيَجِبُ أَنْ يَتَرَاوَحَ قُطْرُهَا مِنْ ۰,۰۰۰۱سم إِلى ۰,۰۰۰۰۰۰۱سم. وَتُسَمَّى الْغَرْوَانِيَّاتِ بِأَسْمَاءٍ مُخْتَلِفَةٍ حَسْبَ تَرْكِيبِهَا . فَإِذَا كَانَتِ الدَّقَائِقُ غَازِيَّةً وَالْوَسَطُ الْمُعَلَّقَةُ فِيهِ سَائِلًا أَوْ صُلْبًا ، سُمِّىَ رِغْوَةً. مِثْلَ الْهَوَاءِ الَّذِى تَمَّ خَفْقُهُ مَعَ الْقِشْدَةِ لِتَكْوِينِ الْقِشْدِ الْمَخْفُوقِ . أَمَّا انْتِشَارُ دَقَائِقِ سَائِلٍ فِى سَائِلٍ آخَرَ فَتُسَمَّى مُسْتَحْلَبًا . مِثْلَ مُسْتَحْلَبِ اللَّبَنِ الْمُتَجَانِسِ . وَدَقَائِقُ الصُّلْبِ فِى سَائِلٍ أَوْ غَازٍ يُسَمَّى صُولَ ، مِثْلَ الْهَبَاءِ الْجَوِّىّ ، أَوْ إِذَا كَانَ السَّائِلُ هُوَ الْمَاءَ تُسَمَّى الْهَبَاءَ الْمَائِىَّ . وَتَشْمَلُ الْغَرْوَانِيَّاتُ بَعْضَ الْمَوَادِّ الطَّبِيعِيَّةِ مِثْلَ زُلَالِ الْبَيْضِ ، وَالدَّمِ وَالضَّبَابِ . كَمَا تَشْمَلُ الْغَرْوَانِيَّاتُ الْمَصْنُوعَةُ لِلاسْتِعْمَالِ الْيَوْمِى ، الْمَايُونِيز ، وَالْجِيلى ، وَالْمَطَّاطَ الرَّغْوِىّ ، وَالطِّلاءَ . وَيَدْرُسُ الْكِيمْيَائِيُّونَ الْخَوَاصَّ الْكَثِيرَةَ الْهَامَّةَ لِلْغَرْوَانِيَّاتِ ، بِمَا فِيهَا طَرِيقَتُهَا الْفَرِيدَةُ لِتَشْتِيتِ الضَّوْءِ أَوْ كَيْفَ يُمْكِنُ تَرْشِيحُهَا .

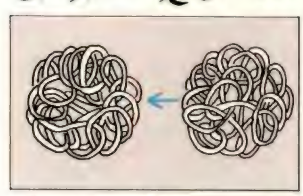


صُورَةٌ مِجْهَرِيَّةٌ مُكَبَّرَةٌ لِلَّبَنِ تُبَيِّنُ دَقَائِقَ مُعَلَّقَةً .

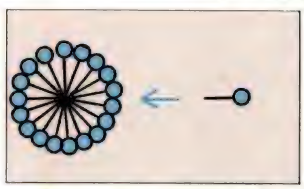


غِلَافٌ مِنْ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ يُحِيطُ بِجُزَيْءِ دُهْنٍ لِدَقِيقَةِ لَبَن . الْمَاءُ وَالزَّيْتُ لَايَمْتَزِجَانِ ، وَلَكِنْ فِى اللَّبَنِ فَإِنَّ غِلافًا مِن الْبُرُوتِين يَسْمَحُ بِانْتِشَارٍ مُنْتَظِمٍ لِلدُّهْنِ .

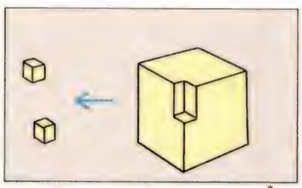
ثَلاثَةُ أَنْوَاعٍ أَسَاسِيَّةٍ مِن الْغَرْوَانِيَّاتِ



غَازٌ فِى صُلْب : تَنْتَشِرُ الْجُزَيْئَاتُ عَلَى شَكْلِ شَبَكَةٍ مِن الْأَلْيَافِ عِنْدَمَا يُطْلَقُ عَلَيْهَا الْغَازُ ، وَتُكَوِّنُ رِغْوَةً .



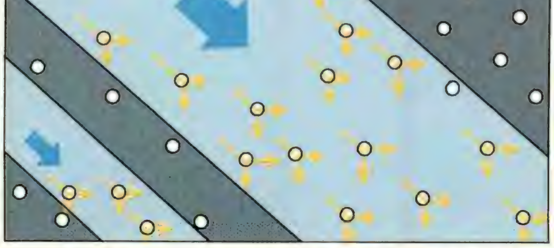
سَائِلٌ فِى سَائِل : تَتَجَمَّعُ الْجُزَيْئَاتُ حَوْلَ الدَّقَائِقِ لِتَظَلَّ مُنْتَشِرَةً بِانْتِظَامٍ لِتُكَوِّنَ مُسْتَحْلَبًا .



صُلْبٌ فِى غَازٍ : يَبْقَى الصُّلْبُ مُنْتَشِرًا فِى الْغَازِ إِذَا جُزِّئَ إِلَى أَجْزَاءٍ دَقِيقَةٍ كَمَا فِى الْهَبَاءِ الْجَوِّىّ .

تَأْثِيرُ تِينْدَال

الضَّوْءُ السَّاطِعُ خِلَالَ الضَّبَابِ (وَهُوَ غَرْوَانِىّ) يَتَبَعْثَرُ فِى حُزَم . وَيَحْدُثُ هَذَا التَّأْثِيرُ لِأَنَّ الدَّقَائِقَ تَمْتَصُّ الضَّوْءَ ثُمَّ تَبْعَثُهُ فِى جَمِيعِ الْاتِّجَاهَاتِ .





الضَّبَابُ فِى غَابَةٍ يُنْتِجُ حُزَمًا مِن الضَّوْءِ .

اللَّبَنُ كَنَمُوذَجٍ لِلْغَرَوَانِيَّاتِ

تَفصِلُ الْمُرَشِّحَاتُ الدَّقَائِقَ الْمَيْكُروسْكُوبِيَّةَ لِلسَّائِلِ عِنْدَ تَرْكِيزِ أَوْ تَنْقِيَةِ غَرَوَانِى . وَمِثْلُ مُعْظَمِ الْغَرَوَانِيَّاتِ فَإِنَّ اللَّبَنَ يَحْتَوِى دَقَائِقَ بِأَحْجَامٍ مُتَعَدِّدَةٍ . وَأَكْبَرُ الْجُزَيْئَاتِ تَزِيدُ عَلَى ٠,٠٠٠١ سم قُطْرًا . وَأَصْغَرُهَا يَقِلُّ قُطْرُهَا عن ٠,٠٠٠٠٠٠١سم .



● حَاجِزٌ مِنْ وَرَقِ التَّرْشِيحِ

لَا تَمُرُّ جُزَيْئَاتُ الدُّهْنِ لِلَّبَنِ خِلَالَ الْفُتْحَاتِ الضَّيِّقَةِ لِلْمُرَشِّحَاتِ ، وَلَكِنَّ الْمَاءَ وَالْمِلْحَ وَالدَّقَائِقَ الَّتِى فِى حَجْمِ الْبُرُوتِينِ وَاللَّاكْتُوزِ . يُمْكِنُهَا الْمُرُورُ خِلَالَهُ .

● خَطٌّ ثَانٍ لِلدِّفَاعِ

غِشَاءٌ نِصْفُ مُنَفِّذٍ ، هُوَ مُرَشِّحٌ بِشَبَكَةٍ ذَاتِ ثُقُوبٍ أَصْغَرَ مِنَ الْعُلْوِيَّةِ ، تَحْجِزُ الدَّقَائِقَ فِى حَجْمِ الْبُرُوتِين وَاللَّاكْتُوزِ . وَلَا تَمُرُّ إِلَّا جُزَيْئَاتُ الْمَاءِ وَالْمِلْحِ فَقَط .

● النَّتِيجَةُ النِّهَائِيَّةُ

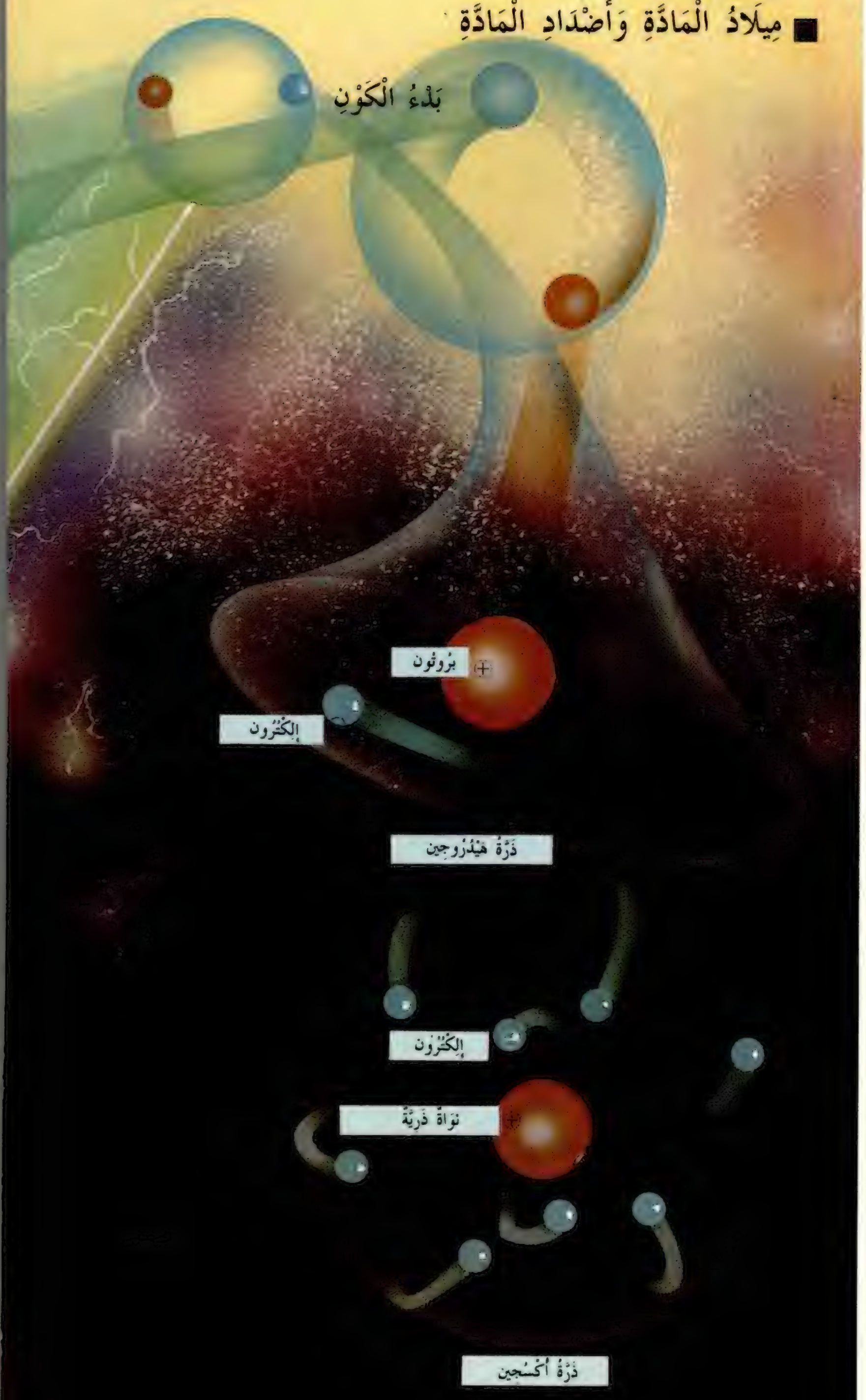
لَا تَصِلُ مُعْظَمُ الدَّقَائِقِ فِى اللَّبَنِ إِلَى قَاعِ الْكَأْسِ . وَيَحْدُثُ مِثْلُ ذَلِكَ فِى جَمِيعِ الْغَرَوَانِيَّاتِ بِسَبَبِ حَجْمِ الدَّقَائِقِ الْمُنْتَشِرَةِ فِيهَا .

مَا هِىَ أَضْدَادُ الْمَادَّةِ ؟

لِكُلِّ دَقِيقَةٍ ابْتِدَائِيَّةٍ مِن الْمَادَّةِ ـ مِثْلِ الْبُروتُون أو الإِلِكْتُرون ضَدِيدٌ لِلْمَادَّةِ . وَكُلُّ دَقِيقَةٍ لِضَدِيدٍ لِلْمَادَّةِ لَهَا عَكْسُ شِحْنَةِ نَظِيرِهَا مِن الْمَادَّةِ ، وَتَتَشَابَهُ الْمَادَّةُ وَضَدِيدُ الْمَادَّةِ فِى جَمِيعِ النَّوَاحِى الْأُخْرَى . فَبَيْنَما الْإِلِكْتُرُونَاتُ سَالِبَةٌ ، فَإِنَّ ضَدِيدَ الْإِلِكْتُرُون ـ وَهُو الْبُوزِتْرُون ـ مُوجَبٌ. وَالْبُرُوتُونَاتُ مُوجَبَةٌ ، وَلكِنّ ضَدِيدَ الْبُرُوتُون سَالِبٌ .

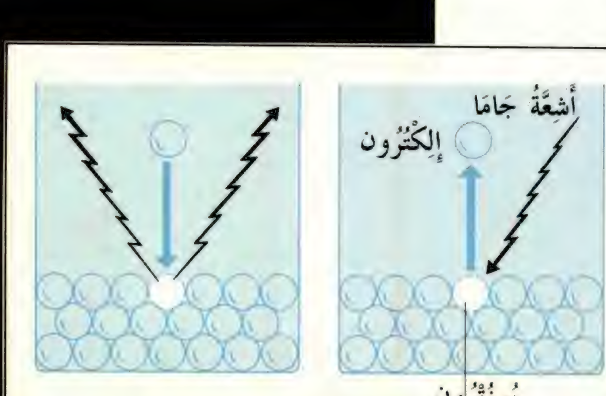
وَكَان الْعَالِمُ الْإِنْجِلِيزِىُّ بُولْ دِيرَاك أَوَّلَ مَن افْتَرَضَ وُجودَ ضَدِيدِ الْمَادَّةِ عَامَ ١٩٢٨ . وَلَمْ يَتِمَّ تَأْكِيدُ نَظَرِيَّةِ دِيرَاك حَتَّى عَامِ ١٩٣٢ عِنْدَمَا اكْتَشَفَ الْبُوزِتْرُونَ أَحَدُ عُلَمَاءِ مَعْهَدِ التِّكْنُولُوجْيَا بِكَالِيفُورْنِيَا . وَأَكَّدَتْ شَوَاهِدُ أُخْرَى هَذِهِ النَّظَرِيَّةَ عَامَ ١٩٥٧ عِنْدَمَا تَمَّ تَحْضِيرُ ضَدِيدِ الْبُرُوتُون فِى مَعْمَلِ الْأَبْحَاثِ بِجَامِعَةِ كَالِيفُورْنِيَا . وَيَعْتَقِدُ بَعْضُ الْعُلَمَاءِ أَنّ أَضْدَادَ الْمَادَّةِ مَوْجُودَةٌ مُنْذُ بَدْءِ خَلْقِ الْكَوْنِ حَيْثُ أُنْتِجَتْ جَمِيعُ أَشْكَالِ الْمَادَّةِ . وَقَدْ أَكَّدَتْ الحِسَابَاتُ الرِّيَاضِيَّةُ فِكْرَةَ مِيلَادِ أَعْدَادٍ مُتَسَاوِيَةٍ مِنْ قَوَائِمَ مُتَضَادَّةِ الشِّحْنَةِ مُنْذُ بَدْءِ الْخَلِيقَةِ (الرسم). وَنظَرِيًّا ، قَدْ تَمْتَلِئُ مَنَاطِقُ مِن الْكَوْنِ بِأَضْدَادِ الْمَادَّةِ . وَمَازَالَ الْفَلَكِيُّونَ يَمْسَحُونَ الْكَوْنَ بَحْثًا عَن الْأَدِلَّةِ فِى عَلَامَاتٍ عَن تَحَرُّرِ مَقَادِيرَ هَائِلَةٍ مِن الطَّاقَةِ ، لِأَنَّ التَّفَاعُلَ بَيْنَ الْمَادَّةِ وَأَضْدَادِ الْمَادَّةِ يَنْتُجُ فِى تَبَادُلِ إِفْنَاءِ كُلٍّ مِنْهُمَا حَيْثُ تَتَحَوَّلُ كُتْلَتهُمَا إِلَى طَاقَةٍ .

■ مِيلَادُ الْمَادَّةِ وَأَضْدَادِ الْمَادَّةِ



بُوزِتْرُونَات

افْتَرَضَ دِيرَاك أَنَّ أَشِعَّةَ جَامَا الَّتِى تَصْطَدِمُ بِأَضْدَادِ الْإِلِكْتُرُون تَحَوَّلَ بَعْضُهَا إِلَى إِلِكْتُرُونَاتٍ (يَسَار) . وَيَخْلُفُ التَّصَادُمُ ثُقْبًا ، يَعْمَلُ كَأَنَّهُ إِلِكْتُرونٌ مُوجَبُ الشِّحْنَةِ . وَالتَّجَاذُبُ الْكَهْرَبِىُّ يَحْكُمُ عَلَى الْبُوزِتْرُونَاتِ بِعُمْرٍ قَصِيرٍ (أَقْصَى يَسَارٍ) .



● الْعَالَمُ الْمُحيِّرُ لِأَضْدَادِ الدَّقَائِق

فِى اللَّحظَاتِ التَّالِيَةِ لِمَوْلِد الْكَوْن ، امْتَلأَ الْكَوْنُ بِكَمِّيَاتٍ مُتَسَاوِيَةٍ مِن الْمَادَّةِ وَأَضْدَادِهَا . وَلَكِنَّ مُعْظَمَ أَضْدَادِ الدَّقَائِقِ اخْتَفَتْ . وَقَدْ أَحْصَى الْعُلَمَاءُ أَنَّ الْكَوْنَ الْيَوْمَ يَحْتَوِى عَلَى دَقِيقَةٍ وَاحِدَةٍ مِن أَضْدَادِ الْمَادَّةِ مُقَابِلَ كُلِّ ١٠ مَلايِين دَقِيقَةٍ مِن الْمَادَّةِ .

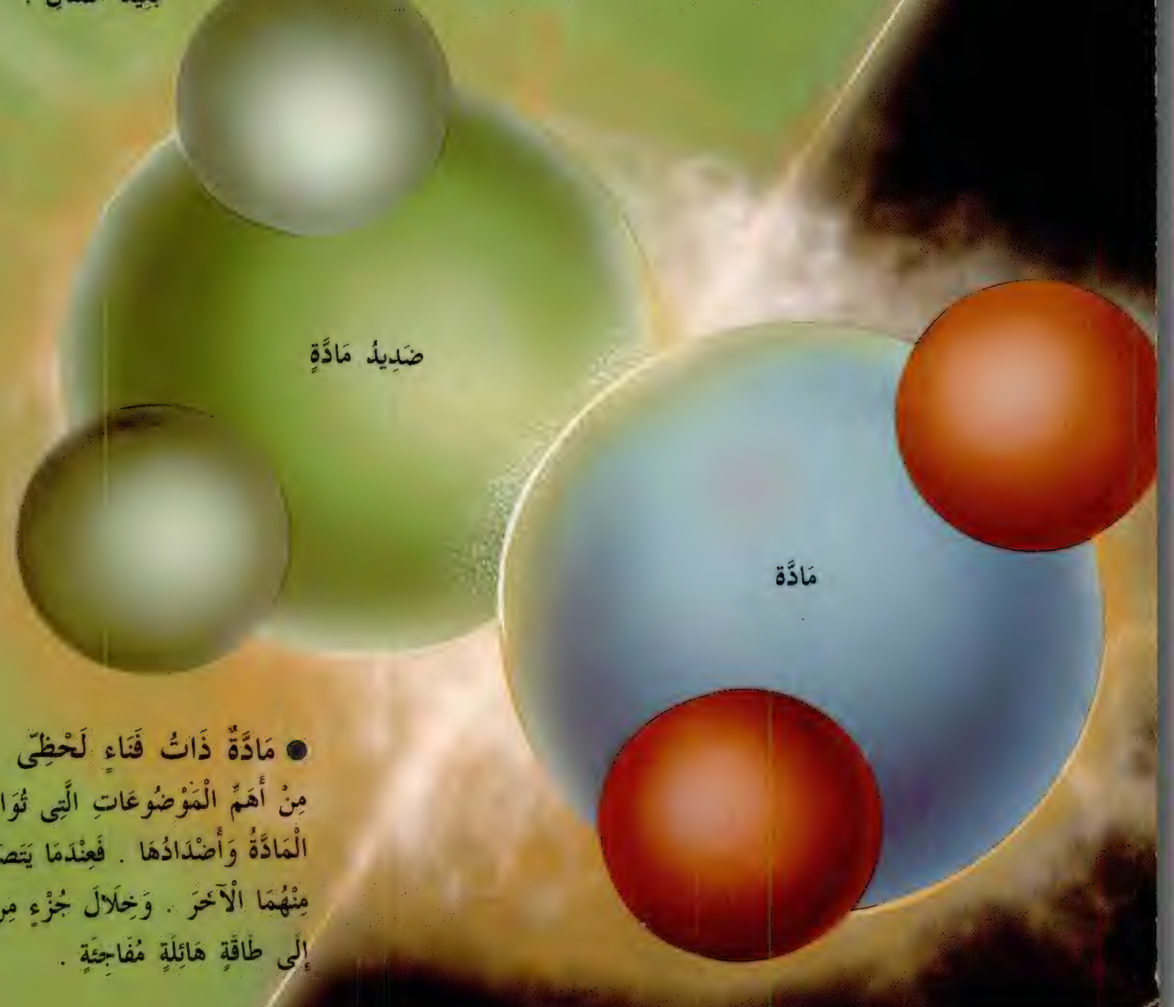
● ضَدِيدُ الْأُكْسُجِين

هُوَ (أسفل) صُورَةٌ بِالْمِرْآةِ لِلْأُكْسُجِين ، فَضَدِيدُ الْأُكْسُجِين بِهِ ٨ ضَدِيدُ بُرُوتُونٍ سَالِبِ الشَّحْنَةِ مَعَ ٨ ضَدِيدِ نيُوتْرُون فِى ضَدِيدِ النَّوَاةِ ، وَيَدُورُ حَوْلَهَا ٨ ضَدِيدُ إِلكْتُرُون مُوجَبَةُ الشَّحْنَةِ أَوْ بُوزِتْرُونَات . وَعَلَى الْعَكْسِ فَبِالْأُكْسُجِين بُرُوتُونَاتٌ مُوجَبَةٌ ، وَنيُوتْرُونَاتٌ ، وَإِلكْتُرُونَاتٌ سَالِبَةٌ .



يَحْلُمُ عُلَمَاءُ الْفَضَاءِ بِصَارُوخٍ يَطِيرُ بِاسْتِخْدَامِ الطَّاقَةِ النَّاتِجَةِ عَنْ تَصَادُمِ الْمَادَّةِ وَضَدِيدِ الْمَادَّةِ . وَهَذَا الْحُلْمُ النَّظَرِىُّ مَازَالَ بَعِيدَ الْمَنَالِ .



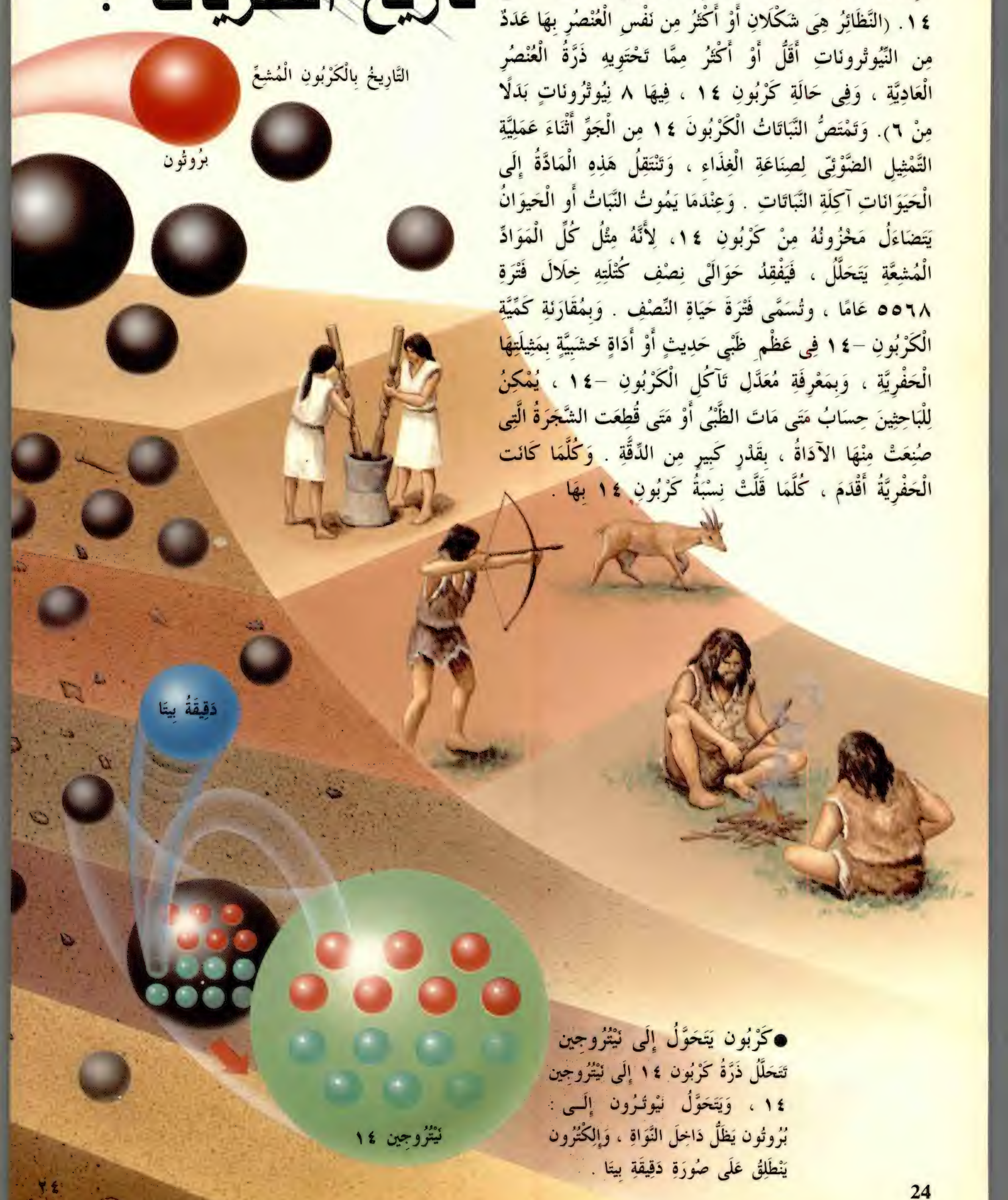


● مَادَّةٌ ذَاتُ فَنَاءٍ لَحظِى

مِنْ أَهَمِّ الْمَوْضُوعَاتِ الَّتِى تُوَاجِهُ التَّقَدُّمَ الْفِيزْيَائِى هُوَ الْمَادَّةُ وَأَضْدَادُهَا . فَعِنْدَمَا يَتَصَادَمَانِ مَعًا ، يُحطِّمُ كُلٌّ مِنْهُمَا الْآخَرَ . وَخِلَالَ جُزْءٍ مِن الثَّانِيَةِ تَتَحَوَّلُ كُتْلَتُهُمَا إِلَى طَاقَةٍ هَائِلَةٍ مُفَاجِئَةٍ .

كَيْفَ يُحَدَّدُ تاريخ الحفريات ؟

يُحَدِّدُ عُلَمَاءُ الآثَارِ الْقَدِيمَةِ أَزْمِنَةَ الْعِظَامِ وَمَصْنُوعَاتِ الْإِنْسَانِ مَاقَبْلَ التَّارِيخِ بِتَقْنِيَةٍ تُسَمَّى التَّأْرِيخ بِالْكَرْبُونِ الْمُشعِّ . فَتُؤْخَذُ قِطْعَةٌ صَغِيرَةٌ مِن الْعَيِّنَةِ الْمُرَادِ تَحْدِيدُ تَارِيخِهَا ، وَيُقَاسُ مِقْدَارُ مَا تَحْتَوِيهِ مِنْ نَظِيرِ الْكَرْبُونِ الْمُشعِّ ١٤ . (النَّظَائِرُ هِيَ شَكْلَانِ أَوْ أَكْثَرُ مِن نَفْسِ الْعُنْصُرِ بِهَا عَدَدٌ مِن النِّيُوتْرونَاتِ أَقَلُّ أَوْ أَكْثَرُ مِمَّا تَحْتَوِيهِ ذَرَّةُ الْعُنْصُرِ الْعَادِيَّةِ ، وَفِي حَالَةِ كَرْبُونِ ١٤ ، فِيهَا ٨ نِيُوتْرُونَاتٍ بَدَلًا مِنْ ٦). وَتَمْتَصُّ النَّبَاتَاتُ الْكَرْبُونَ ١٤ مِن الْجَوِّ أَثْنَاءَ عَمَلِيَّةِ التَّمْثِيلِ الضَّوْئِيِّ لِصِنَاعَةِ الْغِذَاءِ ، وَتَنْتَقِلُ هَذِهِ الْمَادَّةُ إِلَى الْحَيَوَانَاتِ آكِلَةِ النَّبَاتَاتِ . وَعِنْدَمَا يَمُوتُ النَّبَاتُ أَو الْحَيَوَانُ يَتَضَاءَلُ مَخْزُونُهُ مِنْ كَرْبُونِ ١٤، لِأَنَّهُ مِثْلُ كُلِّ الْمَوَادِّ الْمُشِعَّةِ يَتَحَلَّلُ ، فَيَفْقِدُ حَوَالَى نِصْفِ كُتْلَتِهِ خِلَالَ فَتْرَةِ ٥٥٦٨ عَامًا ، وتُسَمَّى فَتْرَةَ حَيَاةِ النِّصْفِ . وَبِمُقَارَنَةِ كَمِّيَّةِ الْكَرْبُونِ -١٤ فِي عَظْمِ ظَبْيٍ حَدِيثٍ أَوْ أَدَاةٍ خَشَبِيَّةٍ بِمَثِيلَتِهَا الْحَفْرِيَّةِ ، وَبِمَعْرِفَةِ مُعَدَّلِ تَآكُلِ الْكَرْبُونِ -١٤ ، يُمْكِنُ لِلْبَاحِثِينَ حِسَابُ مَتَى مَاتَ الظَّبْيُ أَوْ مَتَى قُطِعَت الشَّجَرَةُ الَّتِي صُنِعَتْ مِنْهَا الأَدَاةُ ، بِقَدْرٍ كَبِيرٍ مِن الدِّقَّةِ . وَكُلَّمَا كَانَت الْحَفْرِيَّةُ أَقْدَمَ ، كُلَّمَا قَلَّتْ نِسْبَةُ كَرْبُونِ ١٤ بِهَا .



● كَرْبُون يَتَحَوَّلُ إِلَى نِيتْرُوجِين
تَتَحَلَّلُ ذَرَّةُ كَرْبُون ١٤ إِلَى نِيتْرُوجِين ١٤ ، وَيَتَحَوَّلُ نيوتْرُون إِلَى : بُرُوتُون يَظَلُّ دَاخِلَ النَّوَاةِ ، وَإِلِكْتُرُون يَنْطَلِقُ عَلَى صُورَةِ دَقِيقَةِ بِيتَا .

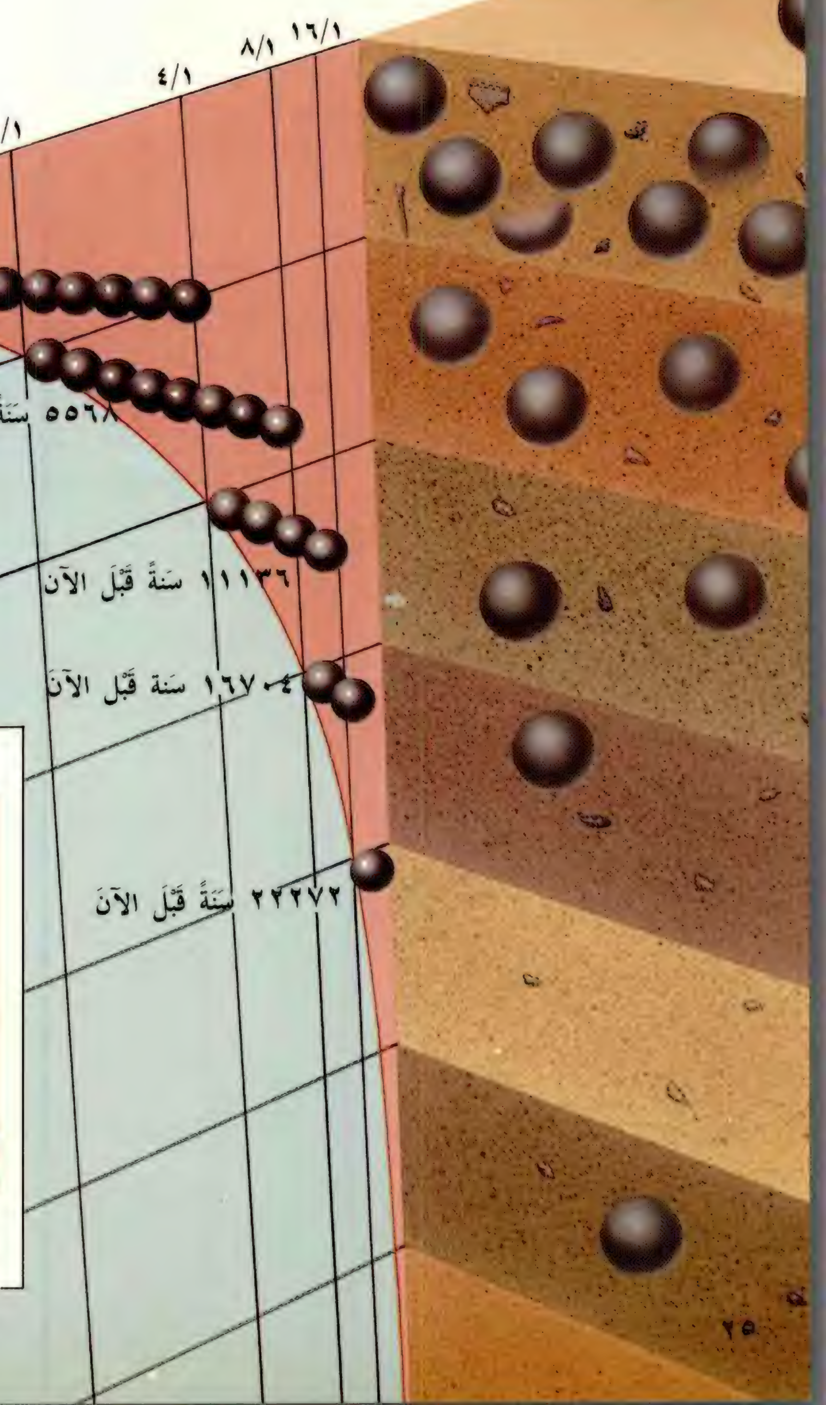


مَصْنَعٌ كَوْنِىٌّ لِلْكَرْبُون ١٤

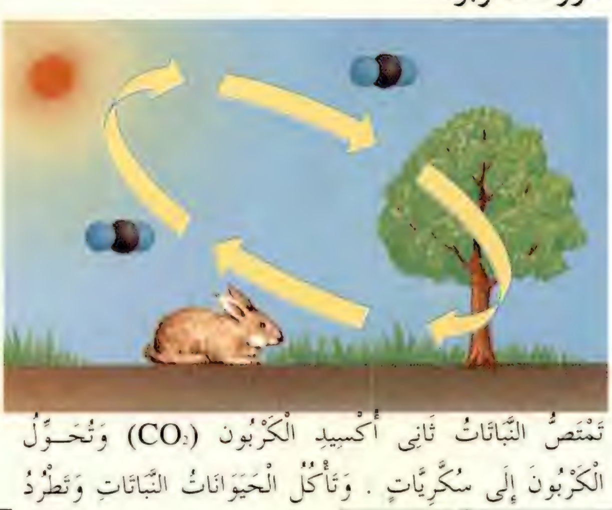
فِى أَعْلَى الْغِلَافِ الْجَوِّىّ تُنْتِجُ الْأَشِعَّةُ الْكَوْنِيَّةُ عَالِيَةُ الطَّاقَةِ نِيُوتْرُونَاتٍ تَصْدُمُ ذَرَّاتِ النَّيْتْرُوجِين . وَيَنْتُجُ عَنْ كُلِّ تَصَادُمٍ ذَرَّةُ كَرْبُونٍ ١٤ ، وَبُرُوتُون .

التَّنْقِيبُ فِى الْمَاضِى

تَبَيَّنَ مِن خِلَالِ الْحَفْرِ أَنَّ أَعمَق طَبَقَاتِ الْأَرْضِ ، هِىَ أَقْدَمُهَا ، عَدَا حَالَاتٍ نَادِرَةٍ . وَالْحَفْرِيَّةُ الَّتِى وُجِدَتْ فِيهَا احْتَوَتْ عَلَى كَرْبُون ١٤ أَقَلّ مِن الطَّبَقَاتِ الْعُلْيَا الْأَقَلّ عُمْرًا .



دَوْرَةُ الْكَرْبُون



تَمْتَصُّ النَّبَاتَاتُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُون (CO_2) وَتُحَوِّلُ الْكَرْبُونَ إِلَى سُكَّرِيَّاتٍ . وَتَأْكُلُ الْحَيَوَانَاتُ النَّبَاتَاتِ وَتَطْرُدُ CO_2.

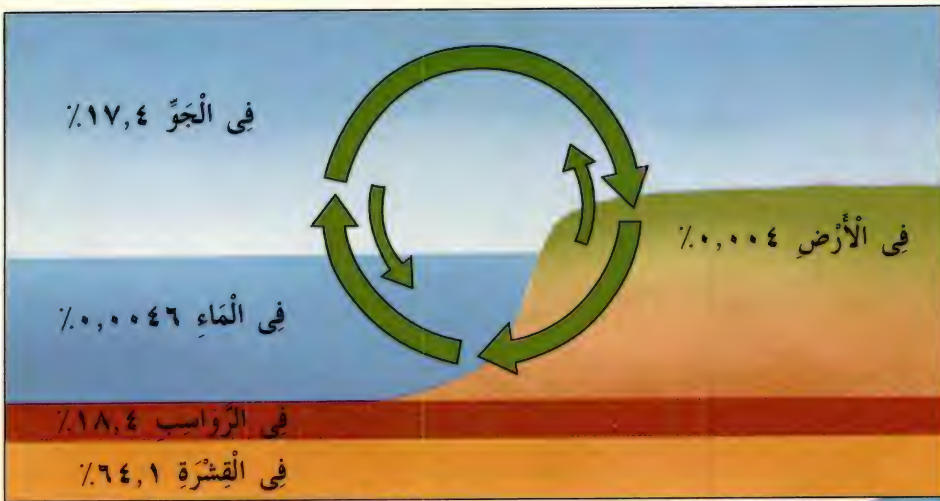
مَا هِىَ دَوْرَةُ النَّيْتْرُوجِين ؟

يَشْتَرِكُ النَّيْتْرُوجِينُ فِى التَّفَاعُلاتِ الْكِيمْيَائِيَّةِ ، سَوَاءٌ أَكَانَ فِى الْجَوِّ أَو الْأَرْضِ أَو الْمَاءِ . وَتُخْرِجُ الْمَصَانِعُ وَالْبَرَاكِينُ النَّيْتْرُوجِين ، الَّذِى يَثْبُتُ أَوْ يُحَوَّلُ بِوَاسِطَةِ ضَوْءِ الشَّمْسِ أَو الْبَرْقِ إِلَى شَكْلٍ صَالِحٍ لِلاسْتِعْمَالِ . وَتُعِيدُ الْأَمْطَارُ النَّيْتْرُوجِينَ إِلَى الْأَرْضِ . وَالنَّيْتْرُوجِينُ ضَرُورِىٌّ لِلْحَيَاةِ فَهُوَ يُسْتَخْدَمُ لِتَكْوِينِ الْأَحْمَاضِ الْأَمِينِيَّةِ لِبِنَاءِ الْبُرُوتِين . وَالْحَيَوَانَاتُ وَالنَّبَاتَاتُ تَأْخُذُ وَتَطْرُدُ النَّيْتْرُوجِين . وَتَتَسَرَّبُ الْمُرَكَّبَاتُ النَّيْتْرُوجِينِيَّةُ الْأُخْرَى إِلَى الْأَنْهَارِ وَالْمُحِيطَاتِ حَيْثُ تَدْخُلُ فِى تَغَيُّرَاتٍ كِيمْيَائِيَّةٍ أُخْرَى . وَهَذِهِ الْأَحْدَاثُ كُلُّهَا تُكَوِّنُ دَوْرَةَ النَّيْتْرُوجِين .



تَبَادُلٌ مُسْتَمِرٌ

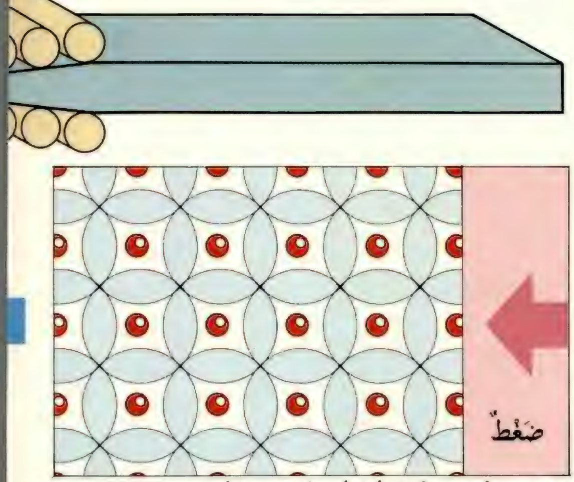
يُوجَدُ مُعْظَمُ نِيتْرُوجِين الْأَرْضِ فِي الْقِشْرَةِ الْأَرْضِيَّةِ (يسار). وَبَاقِي النِّيتْرُوجِين يَتَحَرَّكُ مِن الْجَوِّ إِلَى الْأَرْضِ ، ثُمَّ الْبِحَارِ ، ثُمَّ الْجَوِّ مَرَّةً ثَانِيَةً . وَرَغْمَ أَنَّ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةَ تَحْتَاجُ لِلنِّيتْرُوجِين لِتَعِيشَ ، فَإِنَّ بَعْضَ مُرَكَّبَاتِ النِّيتْرُوجِين الَّتِي تَنْفُثُهَا الْمَصَانِعُ تُسَبِّبُ أَمْطَارًا حِمْضِيَّةً ، تُسَمِّمُ الْبُحَيْرَاتِ وَتُتْلِفُ الْأَشْجَارَ .



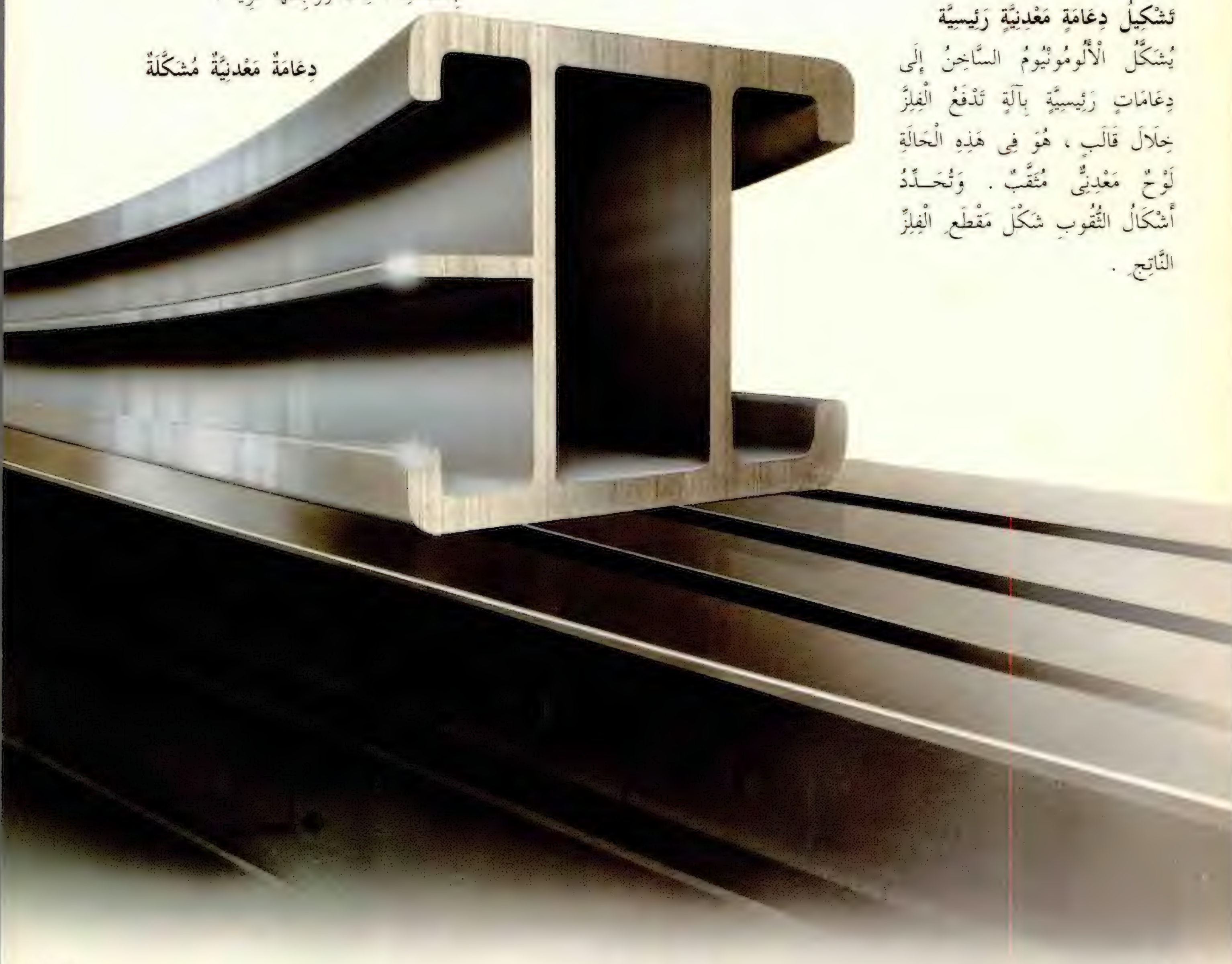


هَلْ يُمْكِنُ ثَنْىُ الْفِلِزَّاتِ ؟

يُمْكِنُ سَحْبُ الْفِلِزَّاتِ وَجَعْلُهَا أَسْلَاكًا رَفِيعَةً ، أَوْ طَرْقُهَا ، أَوْ جَعْلُهَا مُسَطَّحَةً دُونَ كَسْرِهَا . وَسَبَبُ هَذِهِ الْمُرُونَةِ هُوَ تَرْكِيبُهَا الْأَسَاسِىُّ . فَذَرَّاتُ الْفِلِزَّاتِ تُرَتَّبُ فِى صُفُوفٍ مُنْتَظِمَةٍ ، وَتَتَشَارَكُ الذَّرَّاتُ الْمُتَجَاوِرَةُ فِى الْإِلِكْتُرُونَاتِ . وَلِذَلِكَ تَتَصَرَّفُ كَأَنَّهَا نَوْعٌ مِن التُّرُوسِ الْمُتَشَابِكَةِ ، فَسُرْعَانَ مَاتَسْتَعِيدُ شَكْلَهَا الْأَصْلِىَّ بَعْدَ زَوَالِ الضَّغْطِ أَو الْمُؤَثِّرِ الْخَارِجِىِّ . وَلَا تَنْكَسِرُ الْمَعَادِنُ إِلَّا إِذَا زَادَت الْقُوَّةُ الْخَارِجِيَّةُ عَنْ مَدَى اسْتِجَابَةِ الذَّرَّاتِ . وَخَوَاصُّ الْفِلِزِّ الَّتِى تَسْمَحُ لَهُ بِالتَّشْكِيلِ ، تَجْعَلُهُ أَيْضًا مَادَةً صِنَاعِيَّةً مِثَالِيَّةً .



ذَرَّاتُ الْفِلِزِّ الْمَصْفُوفَةُ الْمُتَلَاصِقَةُ تَتَشَارَكُ الْإِلِكْتُرُونَاتِ . وَتَنْثَنِى الشَّبَكَةُ الْفِلِزِّيَّةُ بِالضَّغْطِ ، لِأَنَّ رَوَابِطَهَا قَوِيَّةٌ .



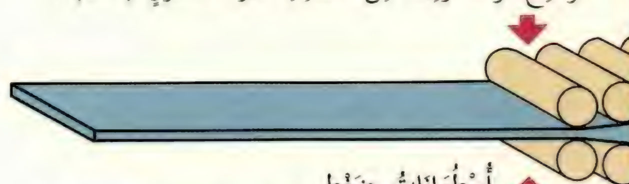
دِعَامَةٌ مَعْدِنِيَّةٌ مُشَكَّلَةٌ

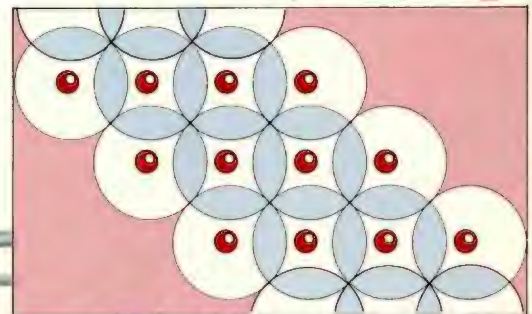
تَشْكِيلُ دِعَامَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ رَئِيسِيَّةٍ

يُشَكَّلُ الْأَلُومُونْيُومُ السَّاخِنُ إِلَى دِعَامَاتٍ رَئِيسِيَّةٍ بِآلَةٍ تَدْفَعُ الْفِلِزَّ خِلَالَ قَالَبٍ ، هُوَ فِى هَذِهِ الْحَالَةِ لَوْحٌ مَعْدِنِىٌّ مُثَقَّبٌ . وَتُحَدِّدُ أَشْكَالُ الثُّقُوبِ شَكْلَ مَقْطَعِ الْفِلِزِّ النَّاتِجِ .

صِناعَةُ أَلْوَاحٍ مَعْدِنِيَّةٍ

تَعَرُّضُ صَفِيحَةٍ مِن الْمَعْدِنِ لِضَغْطِ أُسْطُوَانَاتٍ مُتَدَرِّجَةٍ ، تُسَبِّبُ انْزِلَاقَ الذَّرَّاتِ فِى بَعْضِهَا الْبَعْضِ وَإِعَادَةَ تَرْتِيبِ صُفُوفِهَا . وَتُنْتِجُ لَوْحًا رَفِيعًا مِن الْمَعْدِنِ غَيْرَ مَكْسُورٍ (تحت) .

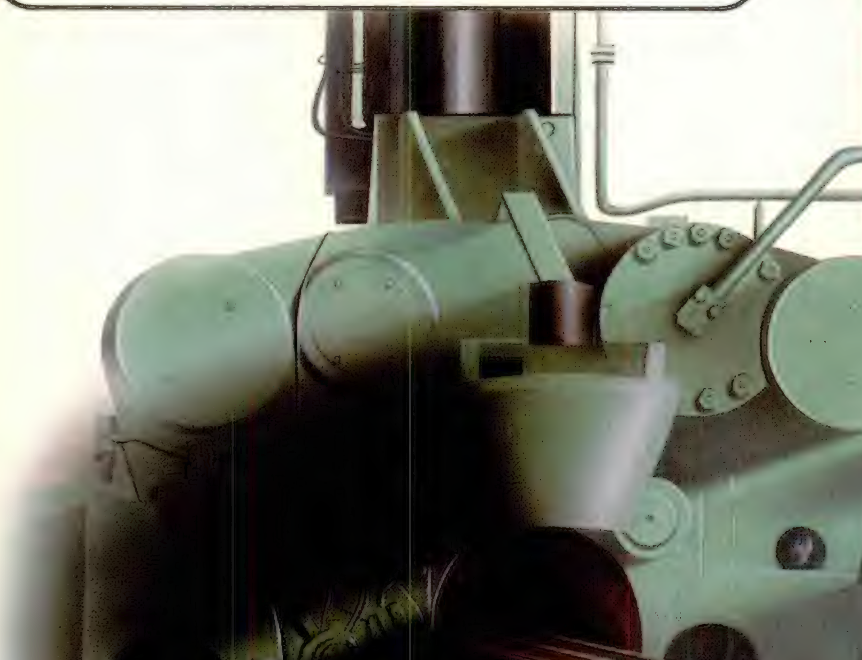



الذَّرَّاتُ تُعِيدُ تَجَمُّعَهَا وَتَبْقَى مُتَمَاسِكَةً

أَوْرَاقٌ مِن الذَّهَبِ الصُّلْبِ

الذَّهَبُ هُوَ أَكْثَرُ الْفِلِزَّاتِ قَابِلِيَّةً لِلطَّرْقِ . فَيُمْكِنُ طَرْقُ ٢ جم مِن الذَّهَبِ حَتَّى تُصْبِحَ مِسَاحَتُهَا عَشَرَةَ أَمْتَارٍ مُرَبَّعَةٍ ، عَلَى صُورَةِ وَرَقِ ذَهَبٍ سُمْكُهُ ٠,٠٠٠١ مِلِّيمِتْرٍ .





تَشْكِيلُ الْأَلُومُونْيُوم

يَنْتُجُ الضَّغْطُ الْعَالِى مِن السَّاقِ (أقصى يسار) فَيَدْفَعُ الْأَلُومُونْيُومَ السَّاخِنَ خِلَالَ قَالَبٍ عَلَى شَكْلِ دِعَامَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ . وَهَذَا التَّشْكِيلُ بِالانبِثَاقِ يَسْمَحُ بِإِنْتَاجِ وَحْدَاتٍ مَعْدِنِيَّةٍ لَهَا أَشْكَالٌ وَأَسْطُحٌ مُعَقَّدَةٌ .



مَا الَّذِى يَجْعَلُ الْمَطَّاطَ مَرِنًا ؟

الْمَطَّاطُ يُمْكِنُ مَطُّهُ وَثَنْيُهُ وَضَغْطُهُ ثُمَّ يَعُودُ إِلَى شَكْلِهِ الْأَصْلِىِّ بِسَبَبِ طَرِيقَةِ تَرْتِيبِ جُزَيْئَاتِهِ . وَالْمَطَّاطُ مُنْتَجٌ طَبِيعِىٌّ يُسْتَخْلَصُ مِن أَنْوَاعٍ مُعَيَّنَةٍ مِن الْأَشْجَارِ . وَالْمَطَّاطُ فِى شَكْلِهِ الْخَامِ يُسَمَّى اللَّبَنَ الْأَبْيَضَ وَهُوَ غَرَوَانِىٌّ لَزِجٌ أَبْيَضُ اللَّوْنِ . وَإِذَا عُومِلَ كِيمْيَائِيًّا بِالْكِبْرِيتِ فِى عَمَلِيَّةٍ تُسَمَّى الْفَلْكَنَةَ أَو الطَّبْخَ ، فَإِنَّ جُزَيْئَاتِ الْمَطَّاطِ تَرْتَبِطُ مَعًا فِى خُيُوطٍ أَوْ بُولَيْمَرَاتٍ مُكَوَّنَةٍ مِن ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ وَالْهَيْدُرُوجِين . وَهَذِهِ الْبُولَيْمِرَاتُ الْغَرَوِيَّةُ الْمَفْتُولَةُ تَكُونُ مَجْدُولَةً . وَلِأَنَّ الرَّوَابِطَ بَيْنَ جُزَيْئَاتِ الْبُولَيْمِرَاتِ تَسْمَحُ بِبَعْضِ الْحَرَكَةِ ، فَإِنَّ الْبُولَيْمِرَاتِ الْمُتَشَابِكَةَ تَنْثَنِى وَتَتَمَدَّدُ إِذَا تَعَرَّضَتْ لِقُوَّةٍ خَارِجِيَّةٍ . وَبِزَوَالِ هَذِهِ الْقُوَّةِ ، فَإِنَّ الرَّوَابِطَ الْكِيمْيَائِيَّةَ فِى السَّلَاسِلِ تُوَلِّدُ قُوَّةً مُضَادَّةً تُعِيدُ الْمَطَّاطَ إِلَى شَكْلِهِ الْأَصْلِىِّ .



يَتَكَوَّنُ الْعَمُودُ الْفِقَارِىُّ لِبُولَيْمِرِ الْمَطَّاطِ مِنْ خَيْطٍ ثُعْبَانِىٍّ مِنْ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ . وَتَعْمَلُ كُلُّ ذَرَّةِ كَرْبُونٍ كَنُقْطَةِ ارْتِكَازٍ لِلْجُزَيْئَاتِ الْمُتَّصِلَةِ بِهَا لِتَدُورَ بِحُرِّيَّةٍ . وَهَذَا يُوَضِّحُ مُرُونَةَ الْمَطَّاطِ .

مَطَّاطٌ مَطْبُوخٌ

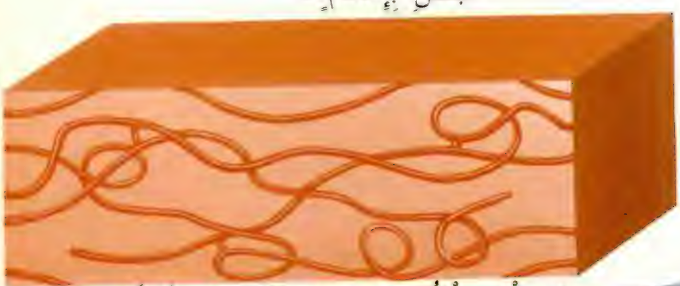
الْمَطَّاطُ الطَّبِيعِىُّ هَشٌّ وَهُوَ بَارِدٌ ، لَزِجٌ وَهُوَ سَاخِنٌ . وَبِإِضَافَةِ الْكِبْرِيتِ لَهُ فِى عَمَلِيَّةٍ تُسَمَّى الطَّبْخَ ، اخْتَرَعَهَا عَامَ ١٨٣٩ الْأَمِيرِكِى شَارَلْ جُودْيِير ، يَكْتَسِبُ الْمَطَّاطُ مُرُونَةً وَيُمْكِنُ تَشْكِيلُهُ بِأَشْكَالٍ مُتَنَوِّعَةٍ .

دَاخِلَ بَالُونِ مَطَّاطٍ

عِنْدَ نَفْخِ الْهَوَاءِ دَاخِلَ الْبَالُونِ ، يَتَمَدَّدُ الْمَطَّاطُ وَتَتَحَرَّكُ جُزَيْئَاتُ الْمَطَّـاطِ الْمُتَشَابِكَةُ إِلَى الْخَارِجِ . وَتَقُومُ الرَّوَابِطُ الْعَرضِيَّةُ بَيْنَ الْجُزَيْئَاتِ الْمُتَّصِلَةِ بِذَرَّاتِ الْكِبْرِيتِ ، بِتَقْوِيَةِ تَرْكِيبِه .



بُولِيمَرَاتٌ مُسْتَقِرَّةٌ ، كَمَا فِي الْبَالُونِ الْفَارِغِ الْعُلْوِيِّ ، وَتَرْتَبِطُ بِبَعضِهَا الْبَعْضِ بِإِحْكَامٍ .



عِنْدَ نَفْخِ الْبَالُونِ ، تَتَبَاعَدُ بُولِيمَرَاتُ الْمَطَّاطِ بِسَبَبِ ضَغْطِ الْهَوَاءِ .

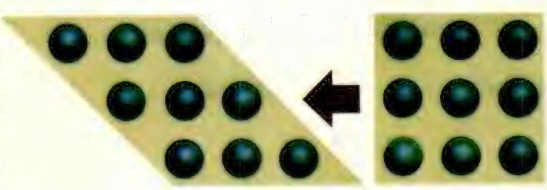




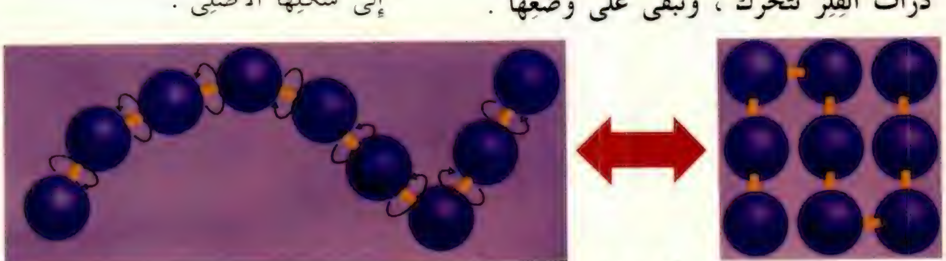
تَسْتَطِيعُ الْبُولِيمراتُ التَّمَدُّدَ ٤ أَو ٥ مَرَّاتٍ قَدْرَ حَجْمِهَا وَهِيَ مُسْتَقِرَّةٌ . وَبِزَوَال الضَّغْطِ تَعُودُ الْبُولِيمَرَاتُ لِلالْتِفَافِ حَوْلَ بَعْضِهَا مِثْلَ شَكْلِهَا الْأَصْلِيِّ .

شَبَكَةٌ مُقَابِلَ سِلْسِلَةٍ

تُرَتِّبُ ذَرَّاتُ الْفِلِزِّ نَفْسَهَا تَرْتِيبًا شَبَكِيًّا مُنْتَظِمًا ، وَتُعِيدُ تَرْتِيبَ نَفْسِهَا تَحْتَ الضَّغْطِ ، وَلَكِنَّهَا لَا تَعُودُ إِلَى وَضْعِهَا الْأَصْلِيِّ إِذَا زَادَ الضَّغْطُ عَنْ حَدٍّ مُعَيَّنٍ . وَلَكِنَّ سَلَاسِلَ جُزَيْئَاتِ الْمَطَّاطِ ، تَعُودُ إِلَى شَكْلِهَا الْأَصْلِيِّ .



ذَرَّاتُ الْفِلِزِّ تَتَحَرَّكُ ، وَتَبْقَى عَلَى وَضْعِهَا .



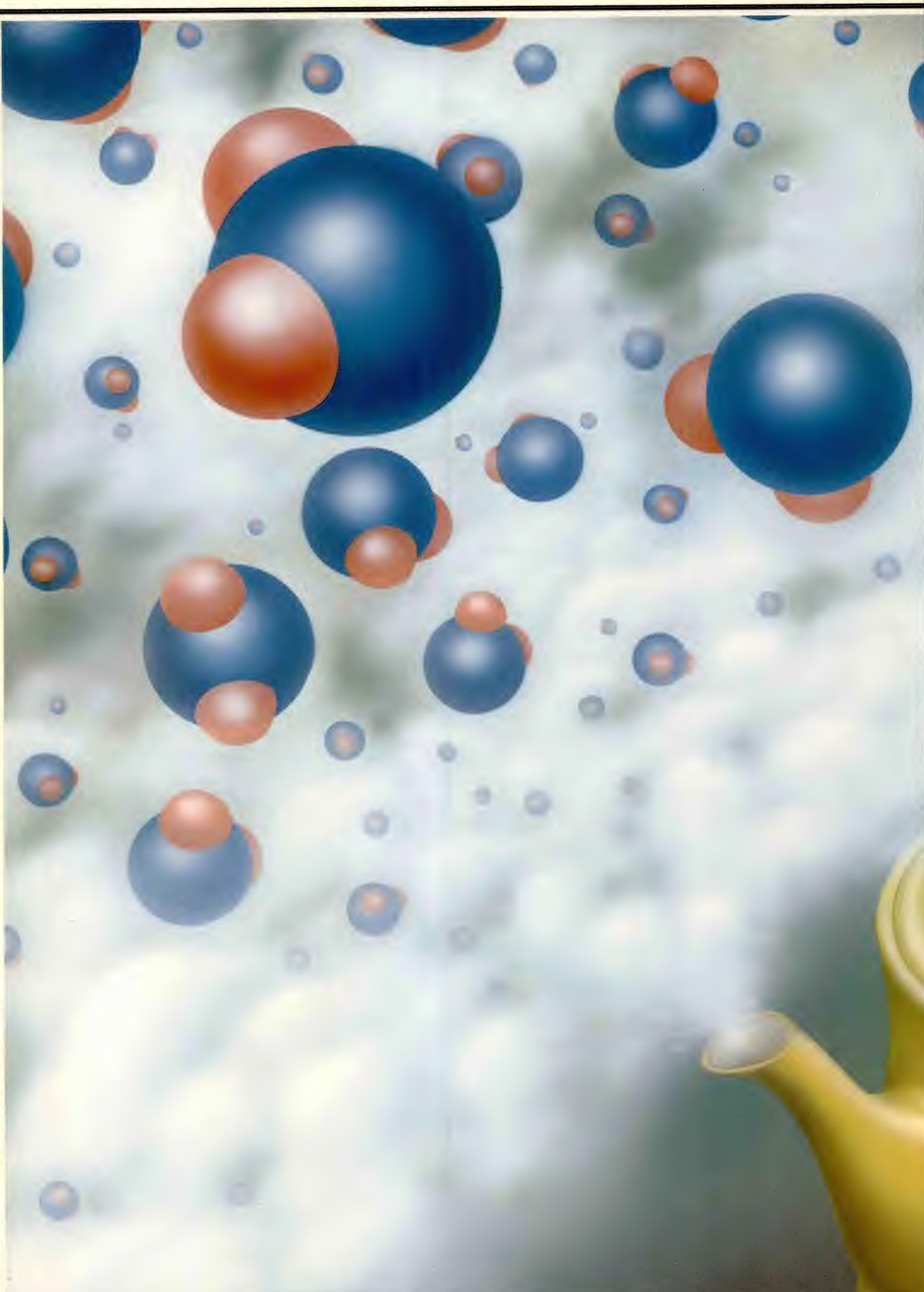
ذَرَّاتُ الْمَطَّاطِ تَتَحَرَّكُ ، ثُمَّ تَعُودُ لِوَضْعِهَا الْأَصْلِيِّ .



2 تَغَيُّرَاتٌ فِى الْمَادَّةِ

كَثِيرٌ مِن الْأَحْدَاثِ الْيَوْمِيَّةِ تَتَضَمَّنُ تَغَيُّرَاتٍ غَيْرَ مَرْئِيَّةٍ فِى سُلُوكِ الْجُزَيْئَاتِ أَوْ الذَّرَّاتِ الَّتِى تُكَوِّنُ الْمَادَّةَ . فَالْمَلَابِسُ الْمُبَلَّلَةُ فِى مُجَفِّفٍ ، تَجِفُّ . وَالثَّلْجُ يَنْصَهِرُ إِلَى مَاءٍ . وَالْمَاءُ يَغْلِى إِلَى بُخَارِ مَاءٍ . وَفِى كُلِّ حَالَةٍ ، فَإِنَّ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ الْعَادِيَّةِ ، الْمُكَوَّنَةِ كُلٌّ مِنْهَا مِنْ ذَرَّتَىْ هَيْدُرُوجِين وَذَرَّةِ أُكْسُجِين ، تَتَرَتَّبُ بِطَرِيقَةٍ مُخْتَلِفَةٍ فِى عَمَلِيَّةٍ تُسَمَّى تَغَيُّرَ الْحَالَةِ . وَطِبْقًا لِظُرُوفٍ مُعَيَّنَةٍ مِثْلِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ وَالضَّغْطِ ، فَإِنَّ الْمَاءَ وَأَشْكَالَ الْمَادَّةِ الْأُخْرَى قَدْ تُوجَدُ فِى الْحَالَةِ الصُّلْبَةِ أَو السَّائِلَةِ أَو الْغَازِيَّةِ . فَمَثَلًا فِى مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ يَغْلِى الْمَاءُ وَيَتَحولُ إِلَى بُخَارٍ عِنْدَ دَرَجَةِ ١٠٠°م ، أَوْ ٢١٢°ف . وَلَكِنْ عَلَى الْارْتِفَاعَاتِ الْعَالِيَةِ ، حَيْثُ يَكُونُ الضَّغْطُ أَقَلَّ ، فَإِنَّ الْمَاءَ يَغْلِى فِى دَرَجَةِ حَرَارَةٍ أَقَلَّ . وَالْمَوَادُّ الْأُخْرَى يَحْدُثُ لَهَا تَغَيُّرُ الْحَالَةِ عِنْدَ دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ وَبِطُرُقٍ مُخْتَلِفَةٍ . وَعِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةِ الْغُرْفَةِ فَإِنَّ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الْمُتَجَمِّدَ الْمَعْرُوفَ بِاسْمِ الثَّلْجِ الْجَافِّ ، يَتَحَوَّلُ مُبَاشَرَةً مِن الْحَالَةِ الصُّلْبَةِ إِلَى الْحَالَةِ الْغَازِيَّةِ دُونَ انْصِهَارٍ ، وَتُسَمَّى هَذِهِ الْعَمَلِيَّةُ التَّسَامِى . وَفِى الْوَاقِعِ فَإِنَّ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ يُمْكِنُ تَحْوِيلُهُ إِلَى سَائِلٍ إِذَا كَانَتْ ظُرُوفُ الضَّغْطِ وَدَرَجَةِ الْحَرَارَةِ مُنَاسِبَةً . وَفِى هَذَا الْفَصْلِ سَيَتِمُّ دِرَاسَةُ مِثْلِ هَذِهِ التَّغَيُّرَاتِ وَتَغَيُّرَاتٍ أُخْرَى فِى الْمَادَّةِ لِتَزْدَادَ مَعْرِفَتُكَ بِسُلُوكِ الْجُزَيْئَاتِ وَالذَّرَّاتِ .

الْمَاءُ لَهُ خَوَاصٌّ فَرِيدَةٌ تَرْجِعُ إِلَى طَرِيقَةِ اتِّصَالِ جُزَيْئَاتِهِ . بِبَعْضِهَا الْبَعْضِ . فَالْحَرَارَةُ تُرْخِى الرَّوَابِطَ ، فَيَتَحَوَّلُ الْجَلِيدُ إِلَى مَاءٍ ، وَالْمَاءُ إِلَى بُخَارٍ . وَيَظْهَرُ فِى الصُّورَةِ كَجُزَىْءِ H_2O ، يَتَرَكَّبُ مِن الْهَيْدُرُوجِين (أُرْجُوَانِى) وَالْأُكْسُجِينِ (أَزْرَق) .



كَيْفَ يَتَحَوَّلُ الْمَاءُ إِلَى جَلِيدٍ أَوْ بُخَارٍ ؟

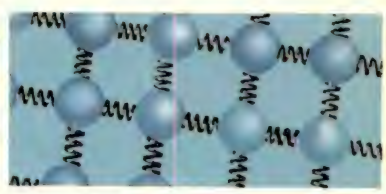
الْمَاءُ هُوَ الْمَادَّةُ الْوَحِيدَةُ عَلَى الْأَرْضِ ، الَّتِى يُمْكِنُ أَنْ تُوجَدَ تَحْتَ الظُّرُوفِ الْعَادِيَّةِ فِى جَمِيعِ حَالَاتِ الْمَادَّةِ ، كَمَادَّةٍ صُلْبَةٍ أَوْ سَائِلَةٍ أَوْ غَازِيَّةٍ . وَفِى جَمِيعِ الْحَالَاتِ يَكُونُ جُزَىْءُ الْمَاءِ عِبَارَةً عَنْ ذَرَّةِ أُكْسُجِين وَذَرَّتَى هَيْدْرُوجِين ، وَلَكِنَّ السُّلُوكَ الْجُزَيْئِى يَتَغَيَّرُ . فَعِنْدَمَا يَتَجَمَّدُ الْمَاءُ ، يُصْبِحُ صُلْبًا . فَتَتَرَتَّبُ الْجُزَيْئَاتُ فِى صُفُوفٍ لِتُكَوِّنَ تَرْكِيبًا مُتَمَاسِكًا يُعْطِى الْجَلِيدَ كَثَافَةً أَقَلَّ . وَلَا تَسْتَطِيعُ الْجُزَيْئَاتُ الحَرَكَةَ فِى حُرِّيَّةٍ لِأَنَّ الْقُوَى الْجُزَيْئِيَّةَ الْمُتَبَادَلَةَ الَّتِى تَرْبِطُهَا مَعًا أَكْبَرُ مِنْ طَاقَةِ الْحَرَكَةِ الْمُتَاحَةِ لِتَحْرِيكِهَا . وَعِنْدَمَا تَرْتَفِعُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ إِلَى ٠°م أو ٣٢°ف ، فَإِنَّ الْحَرَارَةَ تُلِينُ الْقُوَى الَّتِى تَرْبِطُ بَيْنَ الْجُزَيْئَاتِ ، وَتَتَحَرَّكُ الْجُزَيْئَاتُ بِحُرِّيَّةٍ الْوَاحِدَةُ بَعْدَ الْأُخْرَى ، فَتَنْسَابُ كَسَائِلٍ . وَرَغْمَ أَنَّ الْجُزَيْئَاتِ ، تَحْتَفِظُ بِاتِّصَالٍ بَيْنَ جُزَيْئِى ضَعِيفٍ ، إِلَّا أَنَّ طَاقَةَ الْحَرَكَةِ الْمُسْتَمَدَّةَ مِنَ الْحَرَارَةِ تَحْفَظُ الْجُزَيْئَاتِ فِى حَرَكَةٍ ثَابِتَةٍ .

وَإِذَا ارْتَفَعَتْ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ أَكْثَرَ ، تَزْدَادُ حَرَكَةُ الْجُزَيْئَاتِ . وَفِى النِّهَايَةِ ، عِنْدَ ١٠٠°م أو ٢١٢°ف ، تَتَغَلَّبُ الطَّاقَةُ الْحَرَكِيَّةُ عَلَى طَاقَةِ الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ ، وَتَتَكَسَّرُ الْجُزَيْئَاتُ هَارِبَةً إِلَى الْهَوَاءِ . وَيُصْبِحُ السَّائِلُ غَازًا . وَبُخَارُ الْمَاءِ — مِثْلُ أَىِّ غَازٍ — كَثَافَتُهُ أَقَلُّ مِن كَثَافَةِ أَىِّ حَالَةٍ مِنْ حَالَاتِ الْمَادَّةِ . وَإِذَا كَانَ الْمَاءُ فِى وِعَاءٍ مُحْكَمٍ مِن الْبلَاسْتِك ، فَإِنَّهُ سَوْفَ يَتَمَدَّدُ وَيُحَطِّمُ الْوِعَاءَ عِنْدَمَا يَتَحَوَّلُ إِلَى بُخَارٍ . وَيَحْدُثُ ذَلِكَ لِأَنَّ حَجْمَ الْغَازِ أَكْبَرُ مِنْ حَجْمِ الْحَالَةِ الصُّلْبَةِ أَو السَّائِلَةِ لِنَفْسِ الْمَادَّةِ .

الْحَالَاتُ الثَّلَاثَةُ لِلْمَاءِ

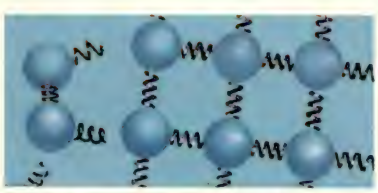


فِى الْحَالَةِ السَّائِلَةِ ، تَرْتَبِطُ جُزَيْئَاتُ الْمَاءِ (كُرَاتٌ زَرْقَاء) ارْتِبَاطًا بَسِيطًا مَعًا ، وَتَنْزَلِقُ بِحُرِّيَّةٍ حَوْلَ بَعْضِهَا الْبَعْضِ . وَضَعْفُ الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ يَجْعَلُ السَّائِلَ يَنْسَابُ .

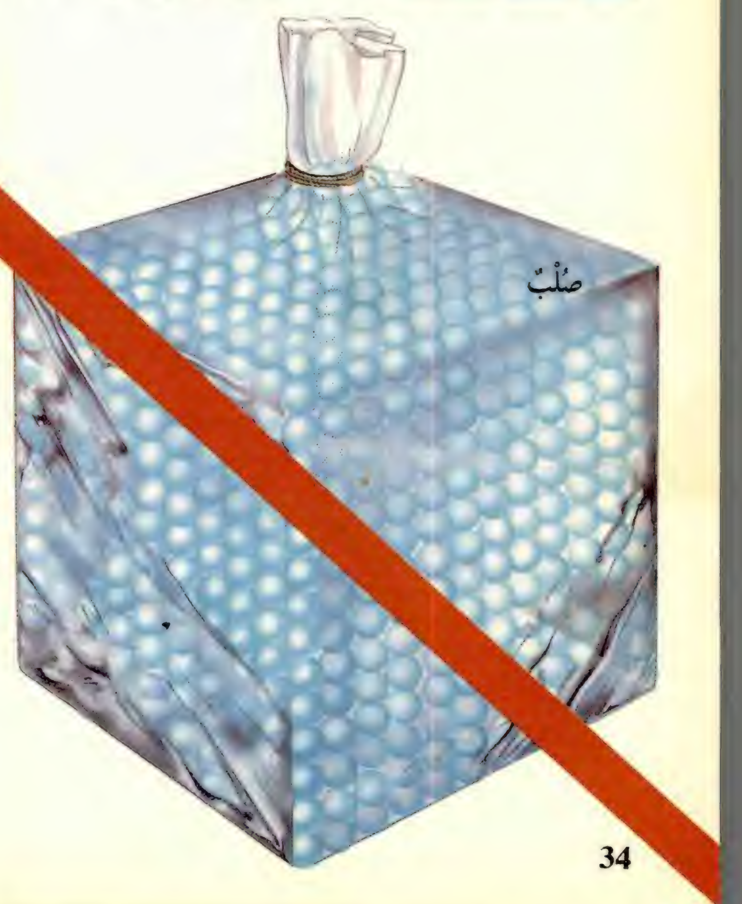


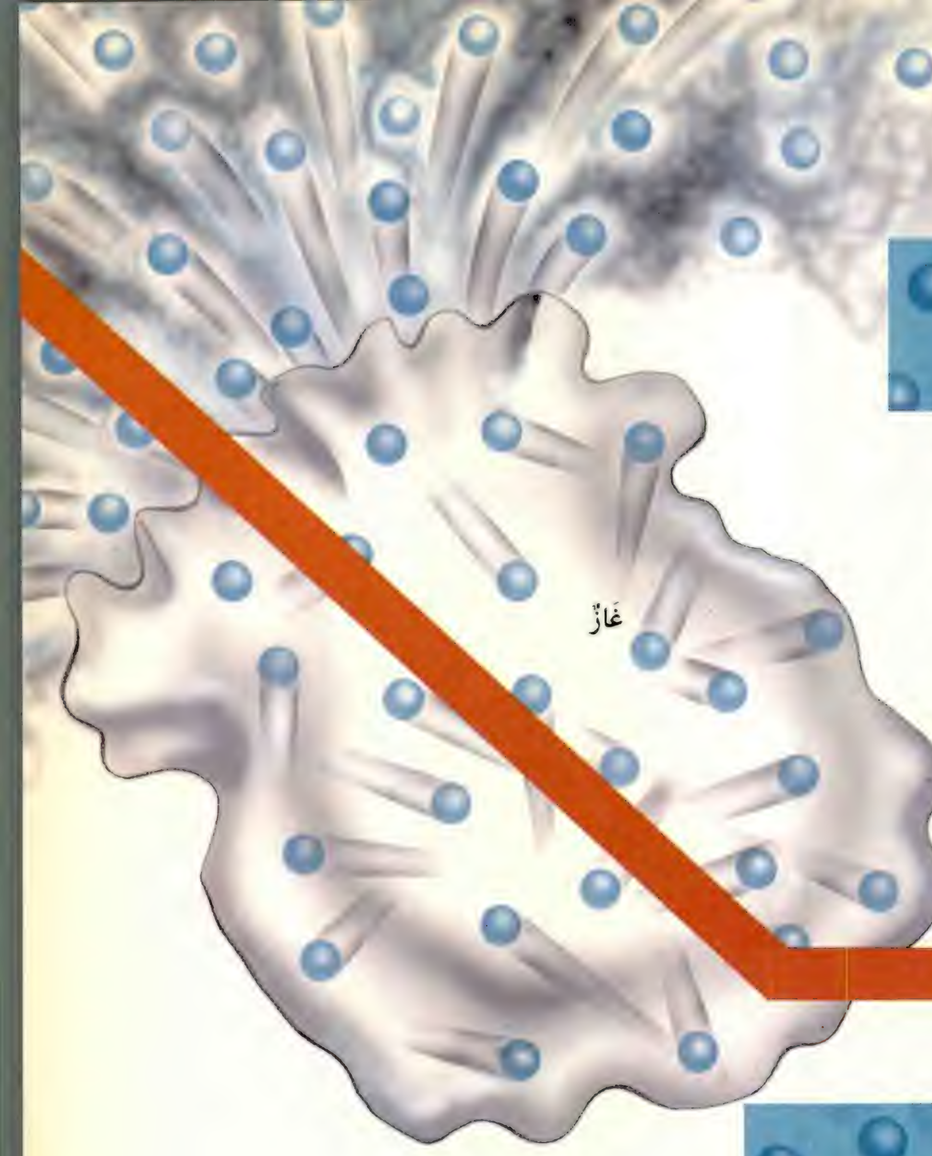
فِى الْجَلِيدِ ، الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ تَرْبِطُ بَيْنَ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ فِى نَسِيجٍ مُتَمَاسِكٍ . وَتَحْتَفِظُ الْجُزَيْئَاتُ بِتَرْكِيبِهَا فِى دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ أَقَلَّ مِنْ ٠°م أو ٣٢°ف





عِنْدَمَا يَبْدَأُ الْجَلِيدُ الْانْصِهَار فَوْقَ ٠°م ، فَإِنَّ الزِّيَادَةَ فِى طَاقَةِ الْحَرَكَةِ تَتَغَلَّبُ عَلَى الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ ، وَتَرْتَخِى الْجُزَيْئَاتُ . وَيَتَحَوَّلُ الْجَلِيدُ إِلَى مَاءٍ .







جُزَيْئاتُ بُخَارِ الْمَاءِ لَا تَرْبِطُ بَيْنَهَا قُوًى بَيْنَ جُزَيْئِيَّةٍ . وَتَنْطَلِقُ بَعْضُ الْجُزَيْئاتِ فِي الْهَوَاءِ ، وَتَتَصَادَمُ بِبَعْضِهَا الْبَعْض ، فَتَطِيرُ فِي اتِّجَاهَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ . وَتَنْتَشِرُ الْجُزَيْئَاتُ فِي مِسَاحَاتٍ وَاسِعَةٍ وَتَشْغَلُ حَجْمًا أَكْبَرَ مِنْ حَجْمِهَا فِي الْحَالَةِ الصُّلْبَةِ أو السَّائِلَةِ .

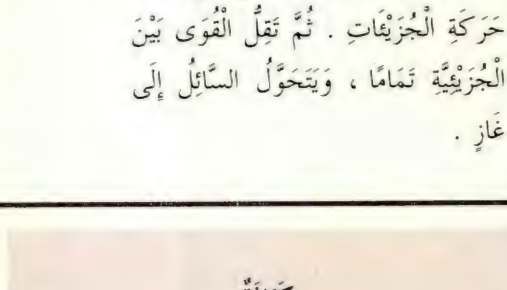


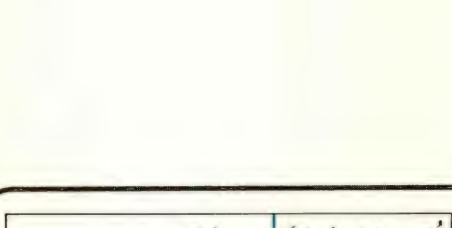


عِنْدَمَا يَغْلِي الْمَاءُ ، تَكُونُ الْقُوَّةُ الَّتِي تُمْسِكُ الْجُزَيْئَاتِ مَعًا أَقَلَّ مِنْ طَاقَةِ حَرَكَةِ الْجُزَيْئَاتِ . ثُمَّ تَقِلُّ الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ تَمَامًا ، وَيَتَحَوَّلُ السَّائِلُ إِلَى غَازٍ .

التَّجَمُّدُ وَالْحَجْمُ

أَكْبَرُ كَثَافَةٍ لِلْمَاءِ هِيَ فِي ٤°م . وَبَيْنَ دَرَجَتَيْ ٤°م ، ٠°م تَبْدَأُ الْجُزَيْئَاتُ فِي الْارْتِبَاطِ ، وَتُكَوِّنُ نَسِيجًا مُتَمَاسِكًا عِنْدَ ٠°م وَتُصْبِحُ جَلِيدًا . (أقصى يَسَار) . وَبِسَبَبِ شَكْلِها ، فَإِنَّهَا تَتَقَارَبُ أَكْثَرَ عِنْدَمَا يَكُونُ ارْتِبَاطُهَا ضَعِيفًا (سائل) ، وَتَتَبَاعَدُ عِنْدَمَا يَكُونُ ارْتِبَاطُهَا قَوِيًّا (جليد) . وَلِذَلِكَ تَكُونُ كَثَافَةُ السَّائِلِ أَكْبَرَ .





التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِي لِلْجَلِيدِ

مِنْ أَيْنَ يأتِى الأُكْسُجِين ؟

يَحْتَوِى الْغِلَافُ الْجَوِّىُّ لِلْأَرْضِ الْيَومَ عَلَى ٢١٪ أُكْسُجِينًا ، ٨٧٪ نَيْتْرُوجِينًا ، وَآثَارٌ مِن غَازَاتٍ أُخْرَى . وَفِى تَارِيخِ الْأَرْضِ الْقَدِيمِ ، لَمْ يَكُنِ الْغِلَافُ الْجَوِّىُّ بِهِ أَىُّ أُكْسُجِين ، وَلَكِنَّهُ كَانَ غَنِيًّا بِالنَّيْتْرُوجِين وَثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَالْأَمُونْيَا وَالْمِيثَان وَكَبْرِيتِيدِ الْهَيْدُرُوجِين . وَتَغَيَّر ذَلِكَ مُنْذُ حَوَالَى ثَلَاثَةِ بَلَايِين مِن السِّنِين ، عِنْدَمَا ظَهَرَت الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةُ الْأُولَى . وكَانَ مِن أَشْكَالِ الْحَيَاةِ الْأُولَى الطَّحَالِبُ الْبَسِيطَةُ الْخَضْرَاءُ بُزْرْقَةٍ ، الَّتِى حَصُلَتْ عَلَى طَاقَةٍ مِنْ الشَّمْسِ أَثْنَاءَ عَمَلِيَّةِ التَّمْثِيلِ الضَّوْئِىِّ . وَامْتَصَّت الطَّحَالِبُ غَازَ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ مِن الْجَوِّ وَحَوَّلَتْهُ كِيمْيَائِيًّا إِلَى مَوَادَّ غِذَائِيَّةٍ ، وَأَطْلَقَت الْأُكْسُجِينَ كَنَاتِجٍ جَانِبِىٍّ لِلتَّفَاعُلِ . وَبِمُرُورِ الزَّمَنِ تَطَوَّرَتْ أَشْكَالُ الْحَيَاةِ الْبَسِيطَةِ إِلَى نَبَاتَاتٍ أَكْثَر تَعْقِيدًا قَامَتْ أَيْضًا بِإِنْتَاجِ الْأُكْسُجِين ، وَوُجِدَت الْمَخْلُوقَاتُ الْجَدِيدَةُ الْمُحْتَاجَةُ لِلْأُكْسُجِين فِى التَّنَفُّسِ ، فَحَفِظَت التَّوَازُنَ .



تَغَيُّراتٌ فِى مُسْتَوَيَاتِ الْأُكْسُجِين

بِتَطَوُّرِ الْأَرْضِ ، تَطَوَّرَت الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةُ الْبُدَائِيَّةُ الْأُولَى إِلَى نَبَاتَاتٍ خَضْرَاءَ أَنْتَجَتْ قَلِيلًا مِن الْأُكْسُجِين . وَفِى الْعَصْرِ الْكَرْبُونِىِّ ، مُنْذُ ٣٦٠ مليونًا إِلَى ٢٨٦ مِلْيُونَ سَنَةٍ ، سَاهَمَ الْمُنَاخُ الدَّافِئُ وَغَابَاتُ السَّرَاخِسِ الْأُخْرَى فِى امْتِصَاصِ الْأُكْسُجِينِ الزَّائِدِ .



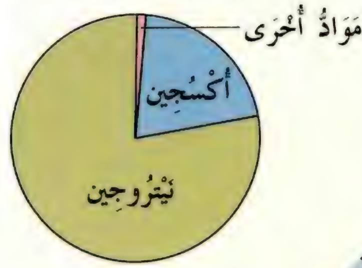
دَوْرَةُ الْأُكْسُجِين

تَمْتَصُّ النَّبَاتَاتُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَتَطْرُدُ الْأُكْسُجِين . وَتَحْتَاجُ الْحَيَوَانَاتُ وَالْإِنْسَانُ إِلَى الْأُكْسُجِين وتَطْرُدُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ . كَمَا تَسْتَهْلِكُ الْحَرَائِقُ الْأُكْسُجِينَ وَتَبْعَثُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ . وَبَيْنَ الْإِنْتَاجِ وَالاسْتِهْلَاكِ تَظَلُّ مُسْتَوَيَاتُ الْأُكْسُجِينِ مُتَّزِنَةً .

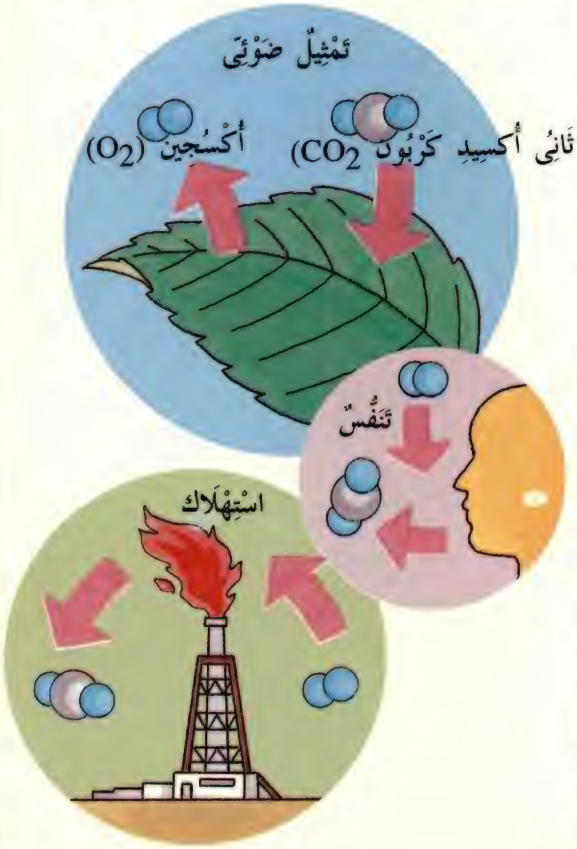


الْغِلَافُ الْجَوِّىُّ الْبُدَائِىُّ

بَعْدَ الْعَصْرِ الْكَرْبُونِىِّ ، هَبَطَ مُسْتَوَى الْأُكْسُجِينِ إِلَى قُرْبِ مُسْتَوَاهُ الْحَالِى .

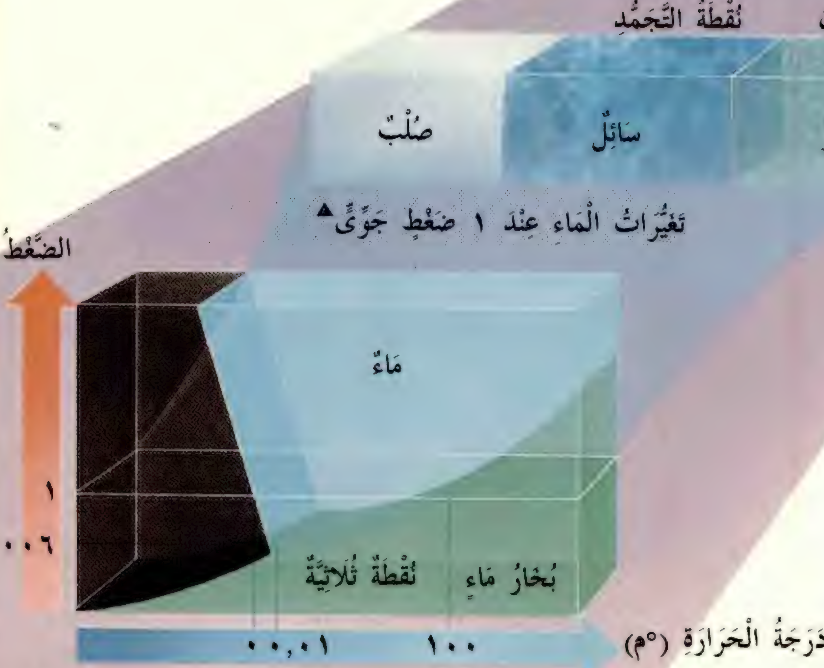


الآن





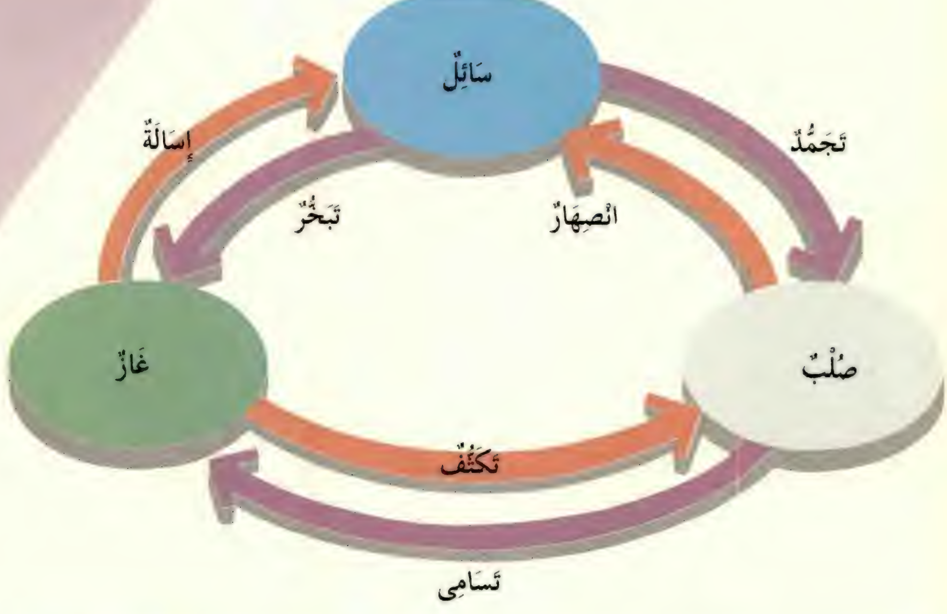
لِمَاذَا لا يَنْصَهِرُ الثَّلْجُ الْجَافُّ ؟



جَلِيدٌ ، مَاءٌ ،وَبُخَارٌ تَحْتَ ضَغْطِ ١ جَوِّىٍّ ، يُمْكِنُ لِلْمَاءِ أَنْ يَكُونَ صُلْبًا أَوْ سَائِلًا أَوْ غَازِيًا . وَالشَّكْلُ أَعْلَى يُبَيِّنُ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الَّتِى تَحْدُثُ فِيهَا التَّغَيُّرَاتُ . عِنْدَ ٠°م (٣٢°ف) يَتَغَيَّرُ الْمَاءُ مِنْ صُلْبٍ إِلَى سَائِلٍ ، وَعِنْدَ ١٠٠°م (٢١٢°ف) مِنْ سَائِلٍ إِلَى غَازٍ . وَتَحْتَ الضُّغُوطِ الْمُنْخَفِضَةِ ، يَتَحَوَّلُ الْمَاءُ مِنْ صُلْبٍ إِلَى غَازٍ .

الْحَالَاتُ الثَّلاثُ لِلْمَادَّةِ

يُمْكِنُ أَنْ تُوجَدَ الْمَادَّةُ عَلَى ثَلاثِ حَالَاتٍ . عِنْدَ التَّغَيُّرِ مِنْ حَالَةٍ إِلَى أُخْرَى ، يَتِمُّ التَّحَوُّلُ خِلَالَ الْانْصِهَارِ (صُلْبٌ إِلَى سَائِلٍ)، أَو التَّجَمُّدِ (سَائِلٌ إِلَى صُلْبٍ)، أَو التَّبَخُّرِ (سَائِلٌ إِلَى غَازٍ)، أَو التَّكَثُّفِ (غَازٌ إِلَى سَائِلٍ)، أَو التَّسَامِى (صُلْبٌ إِلَى غَازٍ)، أَو التَّكَثُّفِ (غَازٌ إِلَى صُلْبٍ)





تَحْتَ الضُّغُوطِ وَدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْمُنْخَفِضَةِ ، يَتَكَثَّفُ بُخَارُ الْمَاءِ إِلَى قُطَيْرَاتِ مَاءٍ أَوْ بِلُّورَاتِ جَلِيدٍ لِتَكَوِّنَ السُّحُبَ .



تَحْتَ دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ أَقَلَّ مِنْ ٠°م (٣٢°ف) يَتَكَثَّفُ بُخَارُ الْمَاءِ لِيُكَوِّنَ بِلُّورَاتِ جَلِيدٍ أَوْ صَقِيعٍ .



ثَلْجٌ جَافٌّ أَوْ ثَانِى أُكْسِيدِ كَرْبُونٍ مُتَجَمِّدٍ ، يَتَسَامَى عِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةِ الْغُرْفَةِ مُتَحَوِّلًا إِلَى غَازٍ عَدِيمِ اللَّوْنِ .

يُعْتَبَرُ الضَّغْطُ الْجَوِّىُ عِنْدَ سَطْحِ الْبَحْرِ مُعَادِلًا ١ ضَغْطٍ جَوِّىٍّ ، حَيْثُ يَغْلِى الْمَاءُ عِنْدَ ١٠٠°م أو ٢١٢°ف ، وَيُصْبِحُ غَازًا . وَعِنْدَ الْارْتِفَاعَاتِ الْعَالِيَةِ ، حَيْثُ يَقِلُّ الضَّغْطُ ، يَغْلِى الْمَاءُ عِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةٍ أَقَلَّ . وَبِالْمِثْلِ ، فَإِنَّ الثَّلْجَ الْجَافَّ أَوْ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الْمُتَجَمِّدِ يَتَغَيَّرُ تَحْتَ ١ ضَغْطٍ جَوِّىٍّ مِنْ صُلْبٍ إِلَى غَازٍ دُونَ انْصِهَارٍ . وَلَايَكُونُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ سَائِلًا إِلَّا تَحْتَ ضَغْطٍ أَعْلَى مِنْ ٥,١ ضَغْطٍ جَوِّىٍّ ، كَمَا فِى طَفَّايَةِ الْحَرِيقِ . فَعِنْدَمَا تُفْتَحُ إِلَى الْهَوَاءِ تَحْتَ ضَغْطِ ١ جَوِّى ، فَإِنَّ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ السَّائِلِ يُصْبِحُ غَازًا . وَالضَّغْطُ يُحَدِّدُ عِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةٍ مُعَيَّنَةٍ ، حَالَةَ الْمَادَّةِ مِنْ حَيْثُ كَوْنُهَا صُلْبَةً أو سَائِلَةً أو غَازِيَّةً .

وَالْأَشْكَالُ السُّفْلِيَّةُ تُوَضِّحُ حَالَةَ الْمَادَّةِ تَحْتَ ضُغُوطٍ وَدَرَجَاتِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ . وَخُطُوطُ التَّقْسِيمِ تُوَضِّحُ مَتى يَحْدُثُ تَغَيُّرُ الْحَالَةِ . وَيُقَالُ إِنَّ الْحَالَتَيْنِ تَكُونَانِ فِى حَالَةِ اتِّزَانٍ عِنْدَ خطٍّ حُدُودِهِمَا . وَعَلَى طُولِ هَذَا الْخطِّ يُمْكِنُ لِلْجُزَيْئَاتِ أَنْ تَتَحَرَّكَ مِنْ حَالَةٍ إِلَى حَالَةٍ أُخْرَى دُونَ تَغَيُّرٍ فِى دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ .

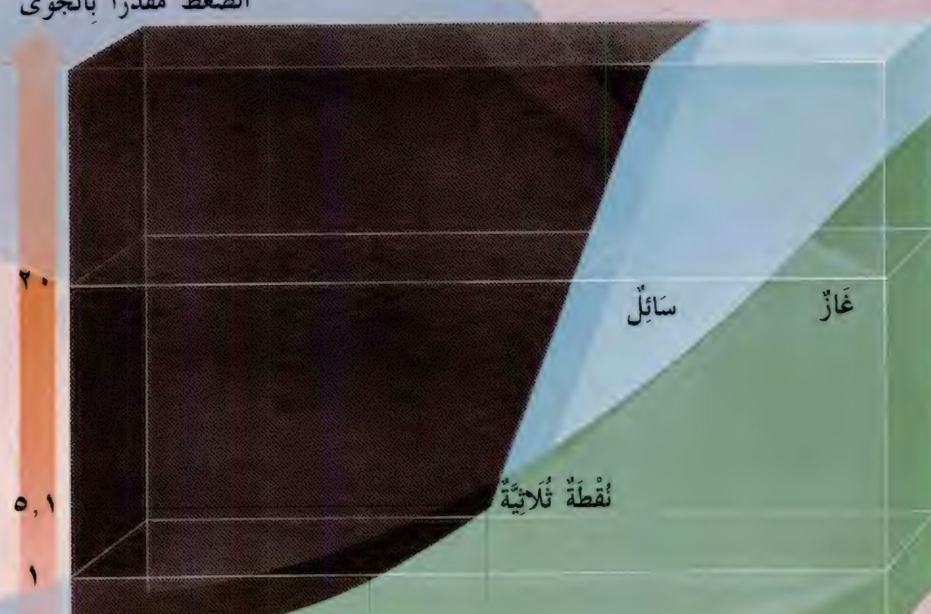
وَالنُّقْطَةُ الثُّلَاثِيَّةُ هِى الْحُدُودُ بَيْنَ صُلْبٍ — غَازٍ ، صُلْبٍ — سَائِلٍ ، سَائِلٍ — غَازٍ . وَتَكُونُ جَمِيعُ حَالَاتِ الْمَادَّةِ فِى حَالَةِ تَوَازُنٍ عِنْدَ هَذِهِ النُّقْطَةِ ، وَيُمْكِنُهَا أَنْ تَتَحَوَّلَ إِلَى أَىِّ حَالَةٍ أُخْرَى .

● حَالَاتُ الْمَادَّةِ

عِنْدَمَا يَكُونُ ثَانِى أُكْسِيد الْكَرْبُونِ تَحْتَ ٢٠ ضَغْطًا جَوِّيًّا (أسفل ويسار) يُوجَدُ فِى الْحَالَةِ الصُّلْبَةِ وَالسَّائِلَةِ وَالْغَازِيَّةِ ، مِثْلِ الْمَاءِ تَمَامًا عِنْدَ ١ ضَغْطٍ جَوِّىٍّ .

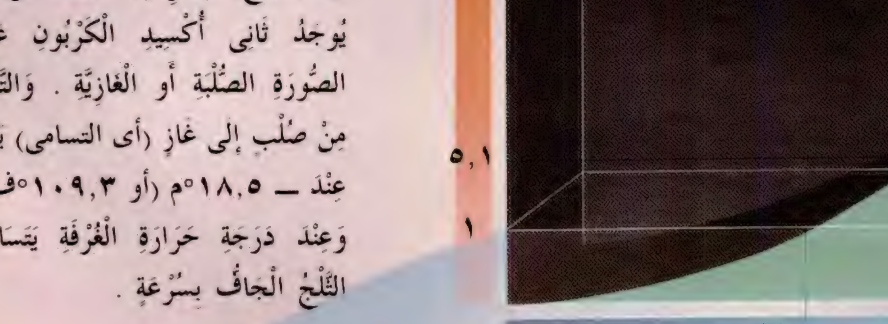


▲ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ تَحْتَ ضُغُوطٍ وَدَرَجَاتِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ



ثَانِى أُكسِيدِ الْكَرْبُونِ عِنْدَ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ

عِنْدَ سَطْحِ الْبَحْرِ (١ ضَغْط جَوِّى)، يُوجَدُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ عَلَى الصُّورَةِ الصُّلْبَةِ أو الْغَازِيَّةِ . وَالتَّغَيُّرُ مِنْ صُلْبٍ إلى غَازٍ (أى التسامى) يَبْدَأُ عِنْدَ — ١٨,٥°م (أو ١٠٩,٣°ف)، وَعِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةِ الْغُرْفَةِ يَتَسَامَى الثَّلْجُ الْجَافُّ بِسُرْعَةٍ .



◄ تَغَيُّرَاتُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ تَحْتَ ١ ضَغْطٍ جَوِّىٍّ .

هَلِ الْمِلْحُ يَحْفَظُ الْمَاءَ مِنَ التَّجَمُّدِ ؟

تَتَجَمَّدُ مِيَاهُ الْبُحَيْرَاتِ وَالْجَدَاوِلِ الْعَذْبَةِ كُلَّ شِتَاءٍ ، بَيْنَمَا تَظَلُّ مِيَاهُ الْمُحِيطَاتِ الْمِلْحَةِ سَائِلَةً ، عَدَا الْمَنَاطِقِ الْقُطْبِيَّةِ شَدِيدَةِ الْبُرُودَةِ . وَأَحَدُ أَسْبَابِ هَذِهِ الظَّاهِرَةِ ، أَنَّ الْمَاءَ النَّقِيَّ يَتَجَمَّدُ عِنْدَ ٠°م ، وَلَكِنَّ الْمَاءَ الْمِلْحِيَّ يَتَجَمَّدُ عِنْدَ −١٨°م (أو ٠°ف) .

وَعِنْدَ إِذَابَةِ مِلْحِ الطَّعَامِ فِى الْمَاءِ ، فَإِنَّ أَيُونَاتِ الصُّودْيُوم وَالْكُلُور (ص ١٨ ــ ١٩) تَلْتَصِقُ بِبَعْضِ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ . وَتَحْتَلُّ هَذِهِ الْأَيُونَاتُ فَرَاغًا إِضَافِيًّا ، وَتَمْنَعُ الشَّبَكَةَ الْبِلُّورِيَّةَ لِلْجَلِيدِ مِنَ التَّكَوُّنِ كَمَا فِى الْمَاءِ النَّقِيِّ . كَمَا تَتَفَاعَلُ هَذِهِ الْأَيُونَاتُ مَعَ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ وَتُمَزِّقُ الرَّوَابِطَ الَّتِى تَرْبِطُ الْجُزَيْئَاتِ مَعًا . وَالطَّاقَةُ اللَّازِمَةُ لِتَكْسِيرِ هَذِهِ الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ تَسْحَبُ الْحَرَارَةَ مِنْ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ ، فَتَنْخَفِضُ دَرَجَةُ حَرَارَةِ الْمَاءِ .

وَفِى النِّهَايَةِ يَحْدُثُ اتِّزَانٌ ، وَلَا تَسْرِى الْحَرَارَةُ بَعْدَ ذَلِكَ مِنْ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ . فَمَثَلًا إِذَا خَلَطْتَ ٣٣جم مِنَ الْمِلْحِ مَعَ ١٠٠ جم مِنَ الْجَلِيدِ ، فَإِنَّ الاتِّزَانَ يَحْدُثُ عِنْدَ دَرَجَةِ −٢١,٢°م (أو −٦,١٦°ف)، فَيَتَجَمَّدُ السَّائِلُ عِنْدَ هَذِهِ الدَّرَجَةِ . وَمِلْحُ الطَّعَامِ وَالْمَوَادُّ الْأُخْرَى الَّتِى تَخْفِضُ نُقْطَةَ التَّجَمُّدِ لِلْمَوَادِّ تُعْرَفُ بِالْمَوَادِّ الْمُبَرِّدَةِ .





التَّلْجُ وَالْكُحُول

يَخْفِضُ الْكُحُولُ نُقْطَةَ تَجَمُّدِ الْمَاءِ . فَالثَّلْجُ وَالْكُحُولُ الْمَخْلُوطَانِ بِنِسْبَةِ ١٠٠:١٠٥ يَتَجَمَّدُ عِنْدَ −٣٠°م (−٢٢°ف)



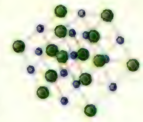
الثَّلْجُ الْجَافُّ وَالْكُحُول

يَسْتَخْدِمُ الْكِيمْيَائِيُّونَ الثَّلْجَ الْجَافَّ لِخَفْضِ دَرَجَةِ تَجَمُّدِ الْكُحُولِ إِلَى −٧٢°م (−٩٨°ف) لِلْمُسَاعَدَةِ عَلَى التَّحَكُّمِ فِى التَّفَاعُلَاتِ الْكِيمْيَائِيَّةِ فِى مَعَامِلِهِم .

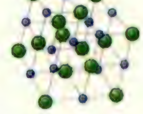
خفضُ نُقطةِ التَّجمُّدِ

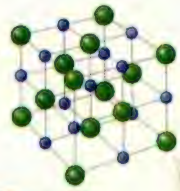


يَنصَهِرُ الْجَلِيدُ
عِنْدَ صِفْرِ °م (٣٢°ف)

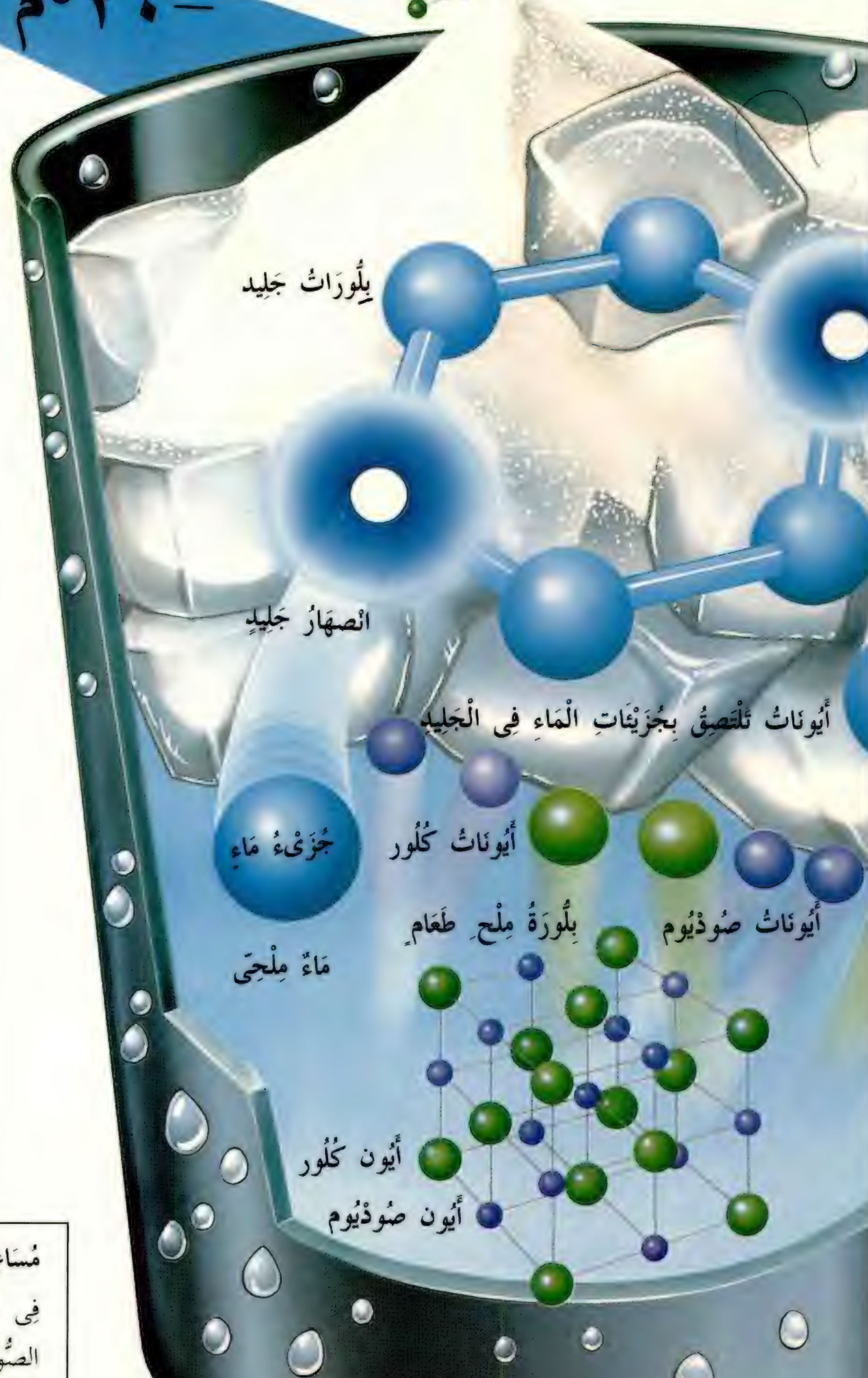


التَّفَاعُلُ بَيْنَ أَيُونَاتِ الصُّودْيُومِ وَأَيُونَاتِ الْكُلُورِ وَالْمَاءِ يَخْفِضُ دَرَجَةَ تَجمُّدِ الْمَاءِ .





بِلُّورَاتُ مِلْحِ الطَّعَامِ
(كُلُورِيد صُودْيُوم)



عِنْدَمَا يَنْصَهِرُ الْجَلِيدُ

عِنْدَ إِضَافَةِ مِلْحِ الطَّعَامِ إِلَى مَاءِ الْجَلِيدِ ، يَنْفَصِلُ الصُّودْيُومُ وَالْكُلُورُ مُكَوِّنًا أَيُونَاتٍ تَلْتَصِقُ بِجُزَيْئَاتِ الْمَاءِ . وَتَكْسِرُ هَذِهِ الْأَيُونَاتُ الْقُوَى بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ الَّتِى تَربطُ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ مَعًا ، فَتَنْفَصِلُ الْجُزَيْئَاتُ مِنْ بِلُّورَاتِ الْجَلِيدِ وَيَنْصَهِرُ الْجَلِيدُ . وَالْحَرَارَةُ اللَّازِمَةُ لِتَكْسِيرِ هَذِهِ الْقُوَى تُسَمَّى حَرَارَةَ الْانْصِهَارِ وَتُسْتَمَدُّ مِن الْمَاءِ الْمُحِيطِ . وَعِنْدَ إِضَافَةِ مِلْحِ الطَّعَامِ إِلَى مَاءِ الْجَلِيدِ فَإِنَّهُ يَمْتَصُّ ٢٠ سُعْرًا مِن الْحَرَارَةِ لِكُلِّ ١جم مِن الْمَحْلُولِ لِإِذَابَةِ الْمِلْحِ . وَلانْصِهَارِ ١جم مِن الْجَلِيدِ يَلْزَمُ ٨٠ سُعْرًا أُخْرَى مِن الْحَرَارَةِ يَتِمُّ سَحْبُهَا مِن الْمَاءِ الْمُحِيطِ ، فَيَظَلُّ الْمَحْلُولُ سَائِلًا وَتَنْخَفِضُ دَرَجَةُ تَجَمُّدِهِ .
(السُّعْرُ هُوَ الطَّاقَةُ الْحَرَارِيَّةُ الْمُسْتَخْدَمَةُ لِتَسْخِين ١ جم مِن الْمَاءِ من ١٤,٥°م إلى ١٥,٥°م)

مُسَاعِدَاتُ الانْصِهَارِ



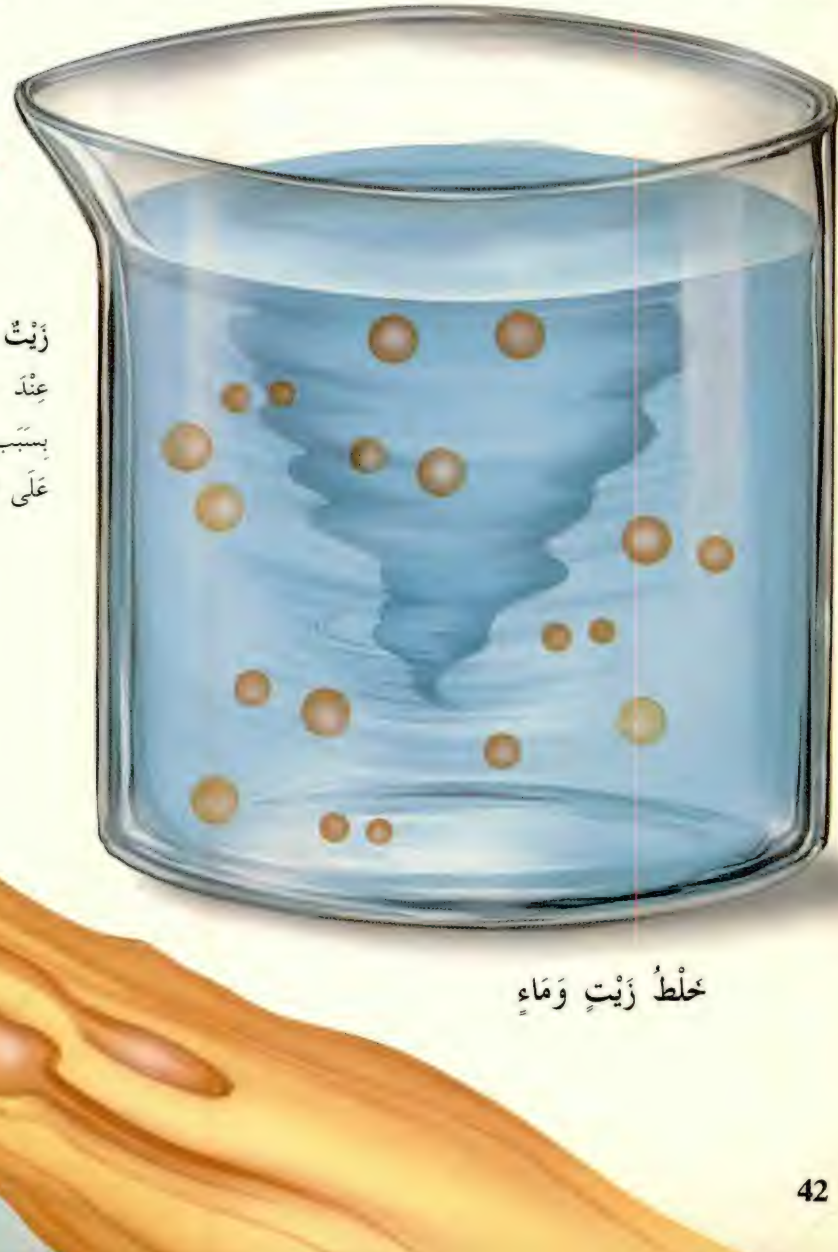
فِى الشِّتَاءِ ، يَنْتَشِرُ كُلُورِيدُ الصُّودْيُوم أَوْ كُلُورِيدُ الْكَالْسِيُوم عَلَى الطُّرُقِ وَمَسَارَاتِ الْمُشَاةِ لِيُكَوِّنَ مَحْلُولًا يَمْنَعُ تَكَوُّنَ الْجَلِيدِ حَتَّى عِنْدَ أَقَلّ من ٠°م .

لِمَاذَا لا يَمْتَزِجُ الْمَاءُ وَالزَّيْتُ ؟

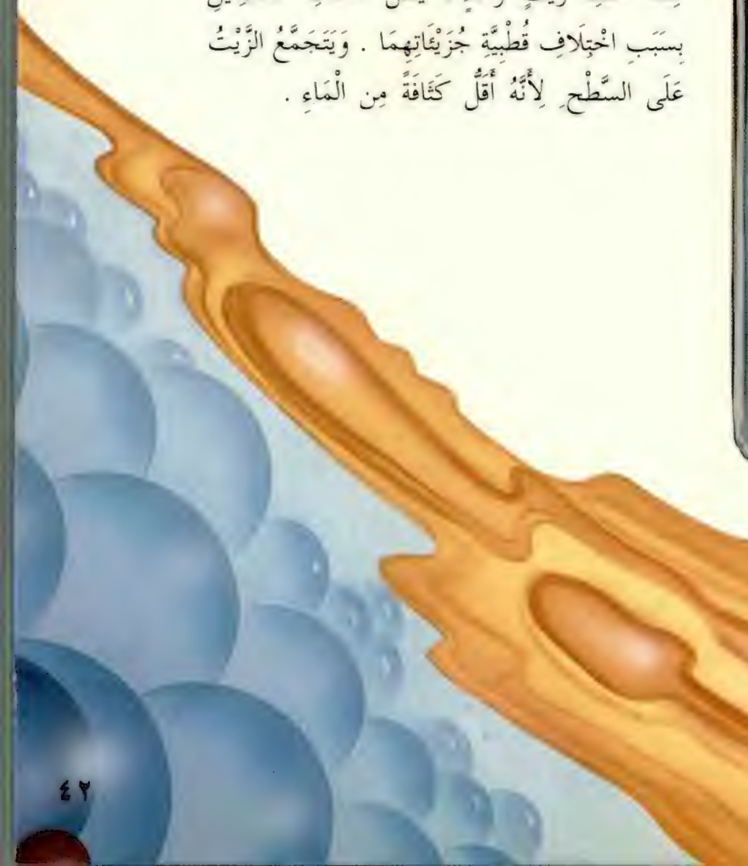
عِنْدَمَا يُصَبُّ الزَّيْتُ عَلَى الْمَاءِ ، فَإِنَّهُ يَطْفُو فَوْقَ السَّطْحِ وَلَا يَمْتَزِجُ بِالْمَاءِ . وَتَتَنَافَرُ الْجُزَيْئَاتُ بِسَبَبِ ظَاهِرَةٍ تُسَمَّى الْقُطْبِيَّةَ . وَفِي الذَّرَّاتِ ، تَتَعَادَلُ الشِّحْنَةُ الْمُوجَبَةُ لِلنَّوَاةِ مَعَ الشِّحْنَةِ السَّالِبَةِ لِلْإِلِكْتُرونَاتِ ، وَلِذَا لَا تَحْمِلُ الذَّرَّةُ أَيَّ شِحْنَةٍ كَهْرَبِيَّةٍ . وَلَكِنْ فِي الْجُزَيْئَاتِ ، الَّتِي تَتَكَوَّنُ مِن ارْتِبَاطِ الذَّرَّاتِ مَعًا ، فَإِنَّ إِحْدَى نِهَايَتَيْ الْجُزَيْءِ تَحْمِلُ شِحْنَةً مُوجَبَةً ، بَيْنَمَا تَحْمِلُ النِّهَايَةُ الْأُخْرَى شِحْنَةً سَالِبَةً . وَالْجُزَيْئَاتُ الَّتِي لَهَا هَذِهِ الْخَاصِّيَّةُ الْكَهْرَبِيَّةُ تُسَمَّى قُطْبِيَّةً ، وَالَّتِي لَيْسَ لَهَا هَذِهِ الْخَاصِّيَّةُ تُسَمَّى لَا قُطْبِيَّةً . وَيَتَكَوَّنُ الْمَاءُ مِنْ جُزَيْئَاتٍ قُطْبِيَّةٍ لِأَنَّ ذَرَّةَ الْأُكْسُجِين لَهَا شِحْنَةٌ سَالِبَةٌ جُزْئِيًّا ، وَذَرَّاتُ الْهَيْدُرُوجِين لَهَا شِحْنَةٌ مُوجَبَةٌ جُزْئِيًّا ، كَمَا أَنَّ جُزَيْئَاتِ الزَّيْتِ تَتَكَوَّنُ أَسَاسًا مِنَ الْكَرْبُونِ وَالْهَيْدُرُوجِين ، وَهِيَ لَا قُطْبِيَّةَ لِأَنَّ لَهَا نَفْسَ الشِّحْنَةِ الْمُوجَبَةِ عِنْدَ كُلِّ نِهَايَاتِهَا . وَتَخْتَلِطُ الْجُزَيْئَاتُ الْقُطْبِيَّةُ مَعًا لِأَنَّ النِّهَايَاتِ الْمُوجَبَةَ وَالسَّالِبَةَ تَتَجَاذَبُ وَكَذَلِكَ فَإِنَّ الْجُزَيْئَاتِ اللَّاقُطْبِيَّةَ تَتَجَاذَبُ مَعًا وَلَكِنْ لَيْسَ بِنَفْسِ الْقُوَّةِ . فَإِذَا خُلِطَتْ مَادَّتَانِ قُطْبِيَّةٌ وَلَا قُطْبِيَّةٌ ، فَإِنَّ قُوَّةَ التَّجَاذُبِ الْمُتَبَادَلَةَ بَيْنَ الْجُزَيْئَاتِ الْقُطْبِيَّةِ تَمْنَعُ دُخُولَ الْجُزَيْئَاتِ اللَّاقُطْبِيَّةِ بَيْنَهَا ، فَتَظَلُّ الْمَادَّتَانِ مُنْفَصِلَتَيْنِ .



زَيْتٌ وَمَاءٌ مُنْفَصِلَانِ



خَلْطُ زَيْتٍ وَمَاءٍ

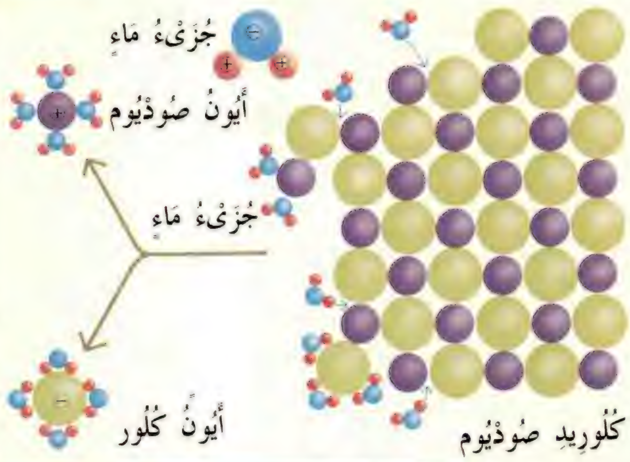


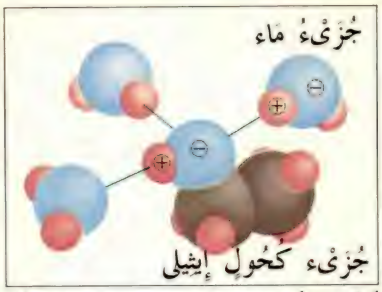
زَيْتٌ عَلَى الْمَاءِ

عِنْدَ خَلْطِ زَيْتٍ وَمَاءٍ ، يَظَلُّ الِاثْنَانِ مُنْفَصِلَيْنِ بِسَبَبِ اخْتِلَافِ قُطْبِيَّةِ جُزَيْئَاتِهِمَا . وَيَتَجَمَّعُ الزَّيْتُ عَلَى السَّطْحِ لِأَنَّهُ أَقَلُّ كَثَافَةً مِنَ الْمَاءِ .

مَوَادُّ فِى الْمَاءِ

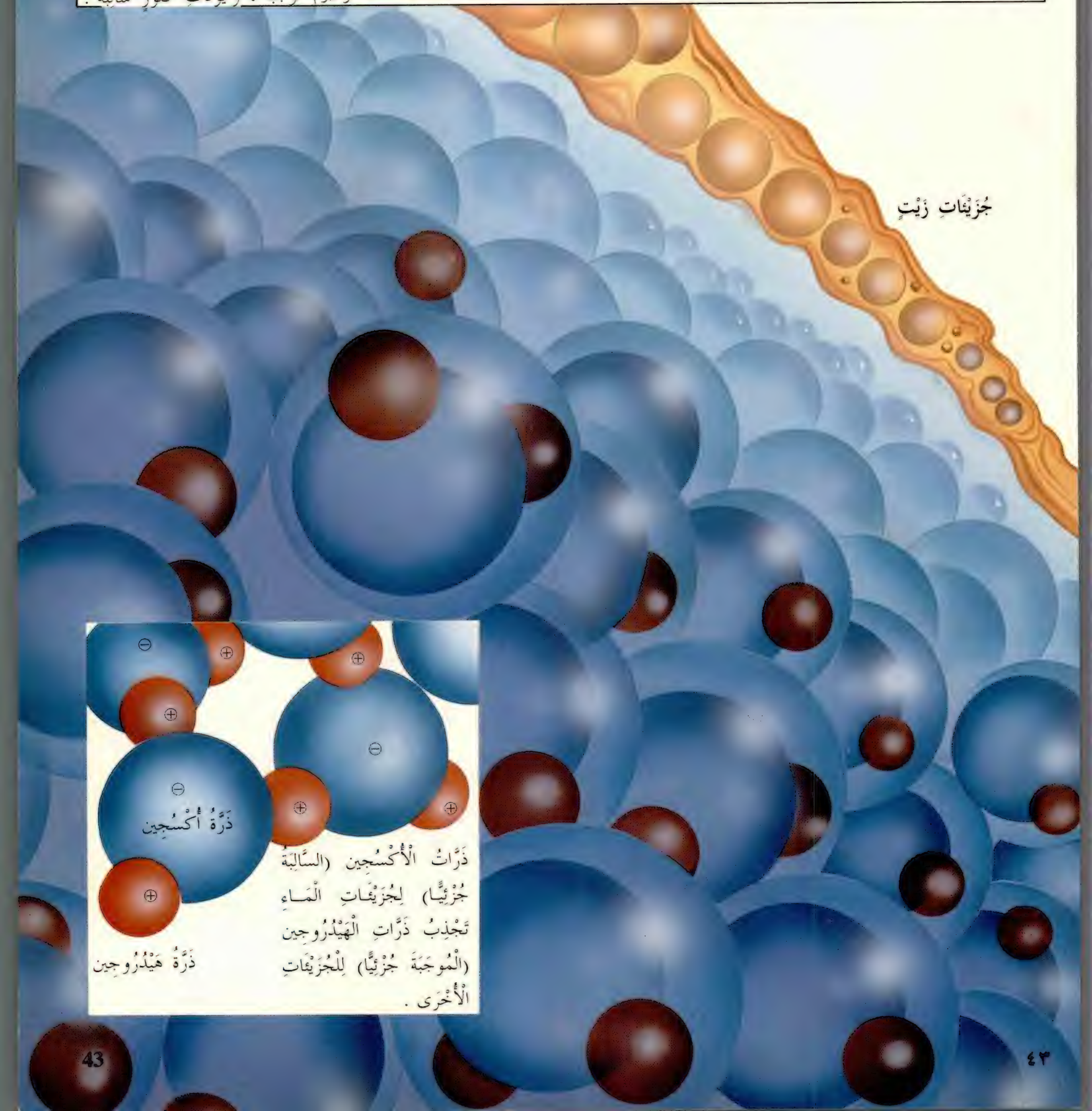
عِنْدَمَا تَذُوبُ أَيُونَاتُ الْمَوَادِّ الصُّلْبَةِ فِى الْمَاءِ مِثْلِ مِلْحِ الطَّعَامِ (يسار)، فَإِنَّ بِلُّورَاتِهَا تَتَفَكَّكُ إِلَى أَيُونَاتٍ سَالِبَةٍ وَمُوجَبَةٍ ، يُحِيطُ بِهَا جُزَيْئَاتُ الْمَاءِ . وَالْكُحُولُ الْإِيثِيلِى (أقصى يسار) يَخْتَلِطُ بِالْمَاءِ لِأَنَّ جُزَيْئَاتِهِ قُطْبِيَّةٌ مِثْلُ الْمَاءِ .





قُطْبُ كُحُولٍ إِيثِيلِىّ مُوجَبٌ يَرْتَبِطُ بِقُطْبِ مَاءٍ سَالِب .

يَذُوبُ الْمِلْحُ فِى الْمَاءِ ، مُكَوِّنًا أَيُونَاتِ صُودْيُوم مُوجَبَةً ، وَأَيُونَاتِ كُلُورٍ سَالِبَةً .

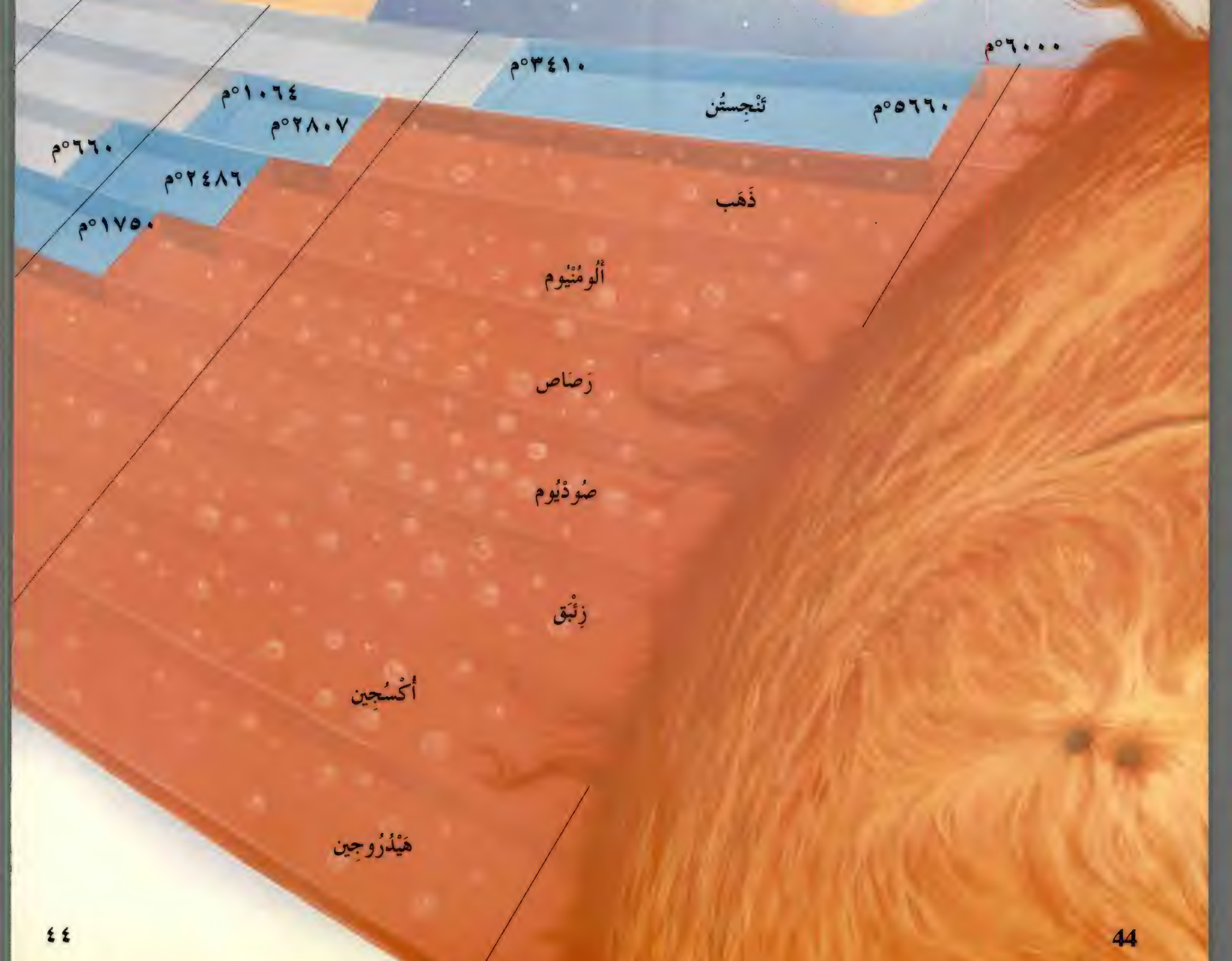


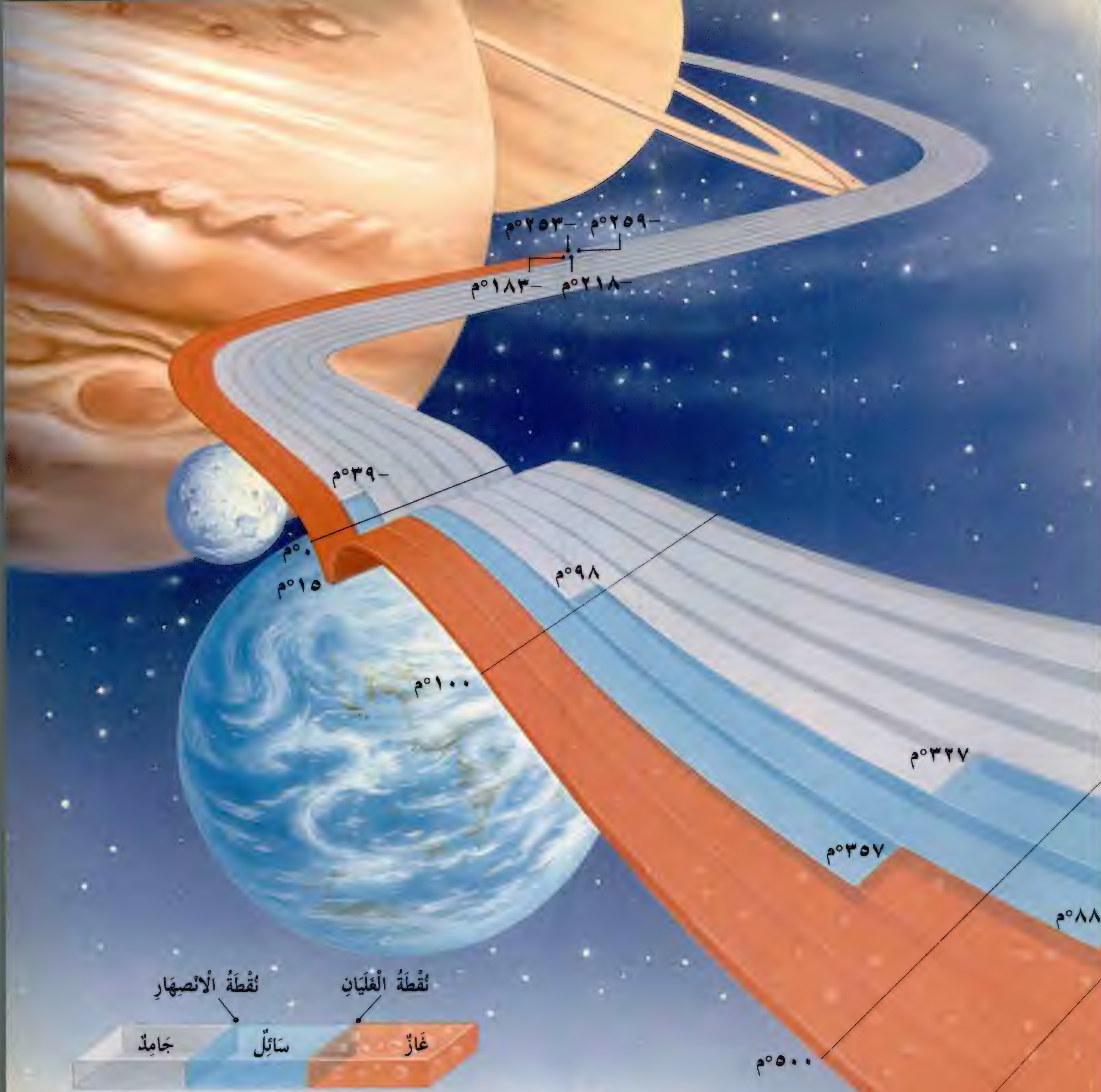
ذَرَّاتُ الْأُكْسُجِين (السَّالِبَة جُزْئِيًّا) لِجُزَيْئَاتِ الْمَاءِ تَجْذِبُ ذَرَّاتِ الْهَيْدُرُوجِين (الْمُوجَبَة جُزْئِيًّا) لِلْجُزَيْئَاتِ الْأُخْرَى .

لِماذا تكون معظم العَناصِرِ جامِدةً ؟

عَدَدُ الْعَناصِرِ الْمَعْرُوفَةِ ١٠٩ عناصر ، يُوجَدُ مِنْهَا ٩٢ عُنْصُرًا طَبِيعيًّا عَلَى الْأَرْضِ ، و٨٠٪ مِنْهَا تُوجَدُ عَلَى صُورَةٍ جامِدَةٍ . وَرَغْمَ أَنَّ قَلِيلًا مِن الْعَناصِرِ — كالْأُكْسُجِين — تُوجَدُ عَلَى الصُّورَةِ الْغَازِيَّةِ ، وَإِثْنَانِ فقط — هُمَا الزِّئْبَقُ وَالْبُرُومُ — تُوجَدُ عَلَى صُورَةٍ سَائِلَةٍ ، فَإِنَّ مُعْظَمَ الْعَنَاصِرِ تَكُونُ جَامِدَةً بِسَبَبِ ظُرُوفِ الضَّغْطِ وَدَرَجَةِ الْحَرَارَةِ عَلَى الْأَرْضِ . فَمُتَوَسِّطُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ ١٥°م (٥٩°ف)، وَنُقْطَةُ الْانْصِهَارِ مُعْظَمِ الْعَنَاصِرِ تَزِيدُ عَلَى ذَلِكَ بِكَثِيرٍ تَحْتَ ١ ضَغْطٍ جَوِّيٍّ . وَعَلَى كَوْكَبِ الزُّهَرَةِ حَيْثُ دَرَجَةُ حَرَارَةِ سَطْحِهِ ٥٠٠°م فَإِنَّ مُعْظَمَ الْعَنَاصِرِ الْجَامِدَةِ عَلَى الْأَرْضِ تُوجَدُ هُنَاكَ سَائِلَةً . وَفِي الشَّمْسِ حَيْثُ دَرَجَةُ حَرَارَةِ السَّطْحِ حَوَالَي ٦٠٠٠°م — وَهِيَ أَعْلَى مِنْ دَرَجَةِ غَلَيَانِ أَيِّ عُنْصُرٍ — فَإِنَّ جَمِيعَ الْعَنَاصِرِ تُوجَدُ هُنَاكَ عَلَى الصُّورَةِ الْغَازِيَّةِ . وَعَلَى أَقْمَارِ زُحَلٍ ، وَأُورَانُوس ، وَنِبْتُون ، تَقِلُّ دَرَجَةُ حَرَارَةِ السَّطْحِ عَنْ -٢٠٠°م — وَهِيَ أَقَلُّ مِنْ نُقْطَةِ انْصِهَارِ أَيِّ عُنْصُرٍ — وَلِذَلِكَ يَظْهَرُ النَّيْتْرُوجِين كَصَقِيعٍ مُتَجَمِّدٍ عَلَيْهَا ، وَلَيْسَ كَغَازٍ كَمَا هُوَ عَلَى الْأَرْضِ .

■ جامِدٌ ، سائِلٌ ، أَوْ غازٌ



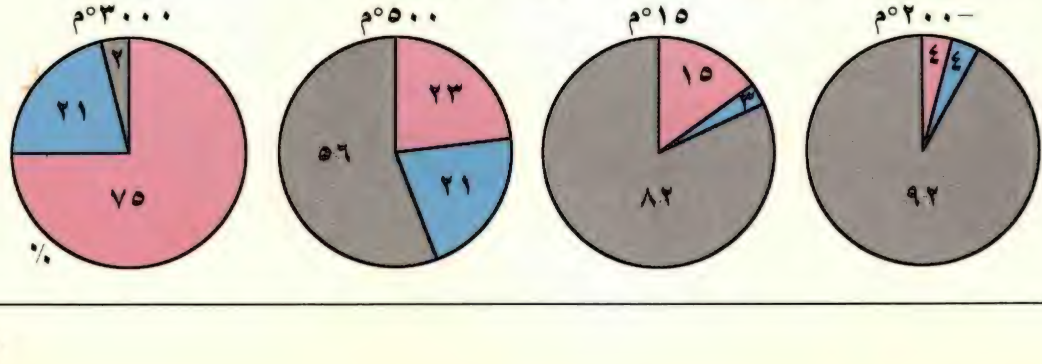


لِكُلِّ عُنْصُرٍ دَرَجَتَا انْصِهَارٍ وَغَلَيَانٍ خَاصَّةٌ ، تَتَحَدَّدُ بِهِمَا حَالَتُهُ .

ثَلاَثُ حَالاَتٍ لِلْمَادَّةِ

تَكُونُ الْعَنَاصِرُ جَامِدَةً أَوْ سَائِلَةً أَوْ غَازِيَّةً حَسْبَ الضَّغْطِ وَدَرَجَةِ الْحَرَارَةِ . وَتُوضِّحُ هَذِهِ الرُّسُومَاتُ النِّسْبَةَ الْمِئَوِيَّةَ لِلْعَنَاصِرِ فِى كُلِّ حَالَةٍ فِى أَرْبَعَةِ عَوَالِمَ تَخْتَلِفُ دَرَجَةُ حَرَارَةِ سَطْحِهَا .

غَازٌ — سَائِلٌ — جَامِدٌ



لِمَاذَا تُمْلأُ الْمَنَاطِيدُ بِالْهِيلْيُوم ؟

تَطْفُو السَّفِينَةُ عَلَى الْمَاءِ لِأَنَّ الْمَاءَ الَّذِى يَحِلُّ مَحِلَّهُ الْجُزْءُ الْمَغْمُورُ مِن السَّفِينَةِ أَكْبَرُ مِن وَزْنِ السَّفِينَةِ كُلِّهَا . وَالْهَوَاءُ مِن الْمَوائِعِ أَيْضًا ، وَالْمُنْطَادُ يَحِلُّ مَحِلَّ مِقْدَارٍ مِن الْهَوَاءِ وَزْنُهُ أَكْبَرُ مِن وَزْنِ الْمُنْطَادِ . وَأَىُّ حَجْمٍ مِن غَازٍ أَخَفَّ مِن الْهَوَاءِ يَحِلُّ مَحِلَّ حَجْمٍ مَسَاوٍ مِن الْهَوَاءِ وَزْنُهُ أَكْبَرُ مِن وَزْنِ الْغَازِ . وَالْفَرْقُ بَيْنَ وَزْنِ الْغَازِ الَّذِى يَمْلأُ الْمُنْطَادَ ، وَوَزْنِ الْهَوَاءِ الَّذِى يَحِلُّ مَحِلَّهُ الْمُنْطَادُ يُسَمَّى قُوَّةَ الدَّفْعِ . وَعِنْدَ ٠°م (٣٢°ف) وَتَحْتَ ضَغْطِ ١ ضَغْطٍ جَوِّىٍّ ، يَزِنُ اللِّتْرُ مِن الْهَوَاءِ ١,٢٩ جم . بَيْنَمَا يَزِنُ لِتْرُ الْهَيْدْرُوجِين ــ وَهُوَ أَخَفُّ الْعَنَاصِرِ ــ ٠,٠٩ جم فقط ، وَيَزِنُ لِتْرُ الْهِيلْيُوم ــ ثَانِى أَخَفِّ الْغَازَاتِ ــ ٠,١٨جم . وَلِذَلِكَ يُوَلِّدُ الْهَيْدْرُوجِين قُوَّةَ دَفْعٍ أَكْبَرَ وَلَكِنَّهُ سَرِيعُ الاشْتِعَالِ ، وَلِذَلِكَ يُسْتَخْدَمُ غَازُ الْهِيلْيُوم ــ غَيْرُ الْقَابِلِ لِلاشْتِعَالِ ــ فِى الْمَنَاطِيدِ . وَمُنْطَادٌ مَمْلُوءٌ بِالْهِيلْيُوم الَّذِى يَحِلُّ مَحِلَّ ٦,٦٦٦ مِتْرًا مُكَعَّبًا مِن الْهَوَاءِ ، يَكُونُ عَلَيْهِ قُوَّةُ دَفْعٍ تُعَادِلُ ٧٤٠٠ ثُقْلِ كجم . فَإِذَا كَانَ وَزْنُ الْمُنْطَادِ نَفْسِهِ ٤٥٠٠ ثُقْلِ كيلو جِرَامٍ ، فَإِنَّهُ يُمْكِنُهُ أَنْ يَحْمِلَ شِحْنَةً تَزِنُ ٢٩٠٠ كجم .

وَزْنُ لِتْرٍ وَاحِدٍ مِن الْغَازِ

الْغَازَاتُ وَقُوَّةُ الدَّفْعِ





لِلْغَازَاتِ كَثَافَاتٌ مُخْتَلِفَةٌ . وَالْهَوَاءُ الَّذِى يَتَكَوَّنُ مِن النِّيتْرُوجِين وَالأُكْسُجِين يَزِنُ اللِّتْرُ مِنْهُ ١,٢٩ جم . وَأَىُّ حَجْمٍ مُسَاوٍ مِنْ غَازٍ أَقَلَّ كَثَافَةً يَكُونُ عَلَيْهِ قُوَّةُ دَفْعٍ مُوجَبَةٌ وَيَرْتَفِعُ لِأَعْلَى .

التَّحَكُّمُ فِى مُنْطَادٍ

بِالإِضَافَةِ إِلَى الْهِيلْيُوم ، يَحْتَوِى الْمُنْطَادُ عَلَى خَلاَيَا مُنْفَصِلَةٍ مَمْلُوءَةٍ بِالْهَوَاءِ . فَإِذَا أُضِيفَ الْهَوَاءُ (١) أو أُخْرِجَ (٢) مِن الْخَلاَيَا الأَمَامِيَّةِ أو الْخَلْفِيَّةِ ، فَإِنَّ وَزْنَ الْمُنْطَادِ يَزْدَادُ أَوْ يَقِلُّ عَلَى التَّرْتِيبِ ، فَيَهْبِطُ الْمُنْطَادُ أَوْ يَرْتَفِعُ . وإِذَا أُخْرِجَ كُلُّ الْهَوَاءِ (٣)، يَرْتَفِعُ الْمُنْطَادُ عَالِيًا .



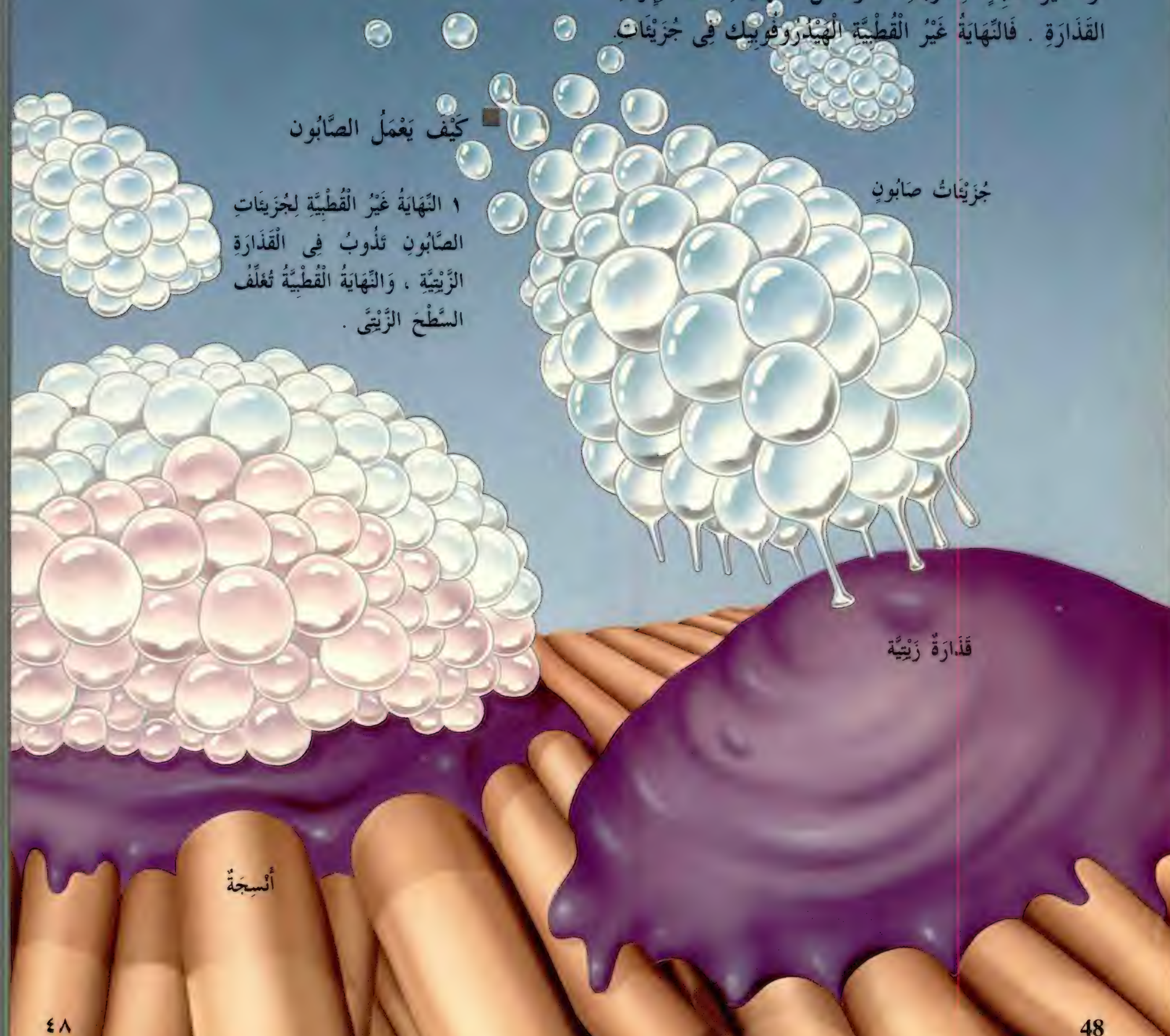


قُوَّةُ دَفْعٍ عَلَى مُنْطَادٍ

قُوَّةُ الدَّفْعِ عَلَى الْمُنْطَادِ هِىَ الْفَرْقُ بَيْنَ وَزْنِهِ وَوَزْنِ الْهَوَاءِ الَّذِى يَحِلُّ مَحِلَّهُ الْمُنْطَادُ . وَكُلَّمَا زَادَ الْفَرْقُ ، زَادَت الْحُمُولَةُ الَّتِى يُمْكِنُ لِلْمُنْطَادِ رَفْعُهَا .

كَيْفَ يُزِيلُ الصَّابُونُ الْقَذَارَةَ ؟

إنَّ الْعَمَلِيَّةَ الْبَسِيطَةَ لِغَسْلِ الْيَدَيْنِ أو الْمَلَابِسِ بِالصَّابُونِ ، تَتَضَمَّنُ تَفَاعُلَاتٍ كِيمْيَائِيَّةً مُعَقَّدَةً عَلَى الْمُسْتَوَى الْجُزَيْئِى . وَعَادَةً ، فَإنَّ الْقَذَارَةَ فِى الْمَلَابِسِ تَشْمَلُ التُّرَابَ مِنَ الْهَوَاءِ وَدُهُونًا مِنَ الْجِسم . وَلِأَنَّ الْمَاءَ قُطْبِى (أى لَهُ شِحْنَةٌ كَهْرَبِيَّةٌ صَغِيرَةٌ ص ٤٢ ــ ٤٣)، وَالزَّيْتَ غَيْرُ قُطْبِىٍّ (بِدُونِ شِحْنَةٍ)، فَإِنَّ الْمَادَّتَيْنِ لا يَمْتَزِجَانِ ، وَلَايَكْفِى الْمَاءُ وَحْدَهُ لِإِزَالَةِ الْقَذَرِ الزَّيْتِى . وَلَكِنَّ جُزَىْءَ الصَّابُونِ بِهِ النَّوْعَانِ : نِهَايَةٌ قُطْبِيَّةٌ تُسَمَّى هَيْدُرُوفِيليك أَوْ ذَوَّابَةٌ فِى الْمَاءِ ، وَنِهَايَةٌ غَيْرُ قُطْبِيَّةٍ تُسَمَّى هَيْدُرُوفُوبيك أَوْ غَيْرَ قَابِلَةٍ لِلذَّوَبَانِ . وَتَعْمَلُ النِّهَايَتَانِ مَعًا لِإِزَالَةِ الْقَذَارَةِ . فَالنِّهَايَةُ غَيْرُ الْقُطْبِيَّةِ الْهَيْدُرُوفُوبيك فِى جُزَيْئَاتِ الصَّابُونِ تَمْتَصُّ أَوْ تَتَعَلَّقُ بِجُزَيْئَاتِ الْقَذَارَةِ الزَّيْتِيَّةِ غَيْرِ الْقُطْبِيَّةِ . وَفِى نَفْسِ الْوَقْتِ فَإِنَّ النِّهَايَةَ الْهَيْدُرُوفِيلِيَّةَ تُحِيطُ بِدَقَائِقِ الْقَذَارَةِ الزَّيْتِيَّةِ تَمَامًا مُكَوِّنَةً تَرْكِيبًا كُرَوِيًّا يُسَمَّى مُجَمَّعَاتٍ . وَجُزَيْئَاتُ الْقَذَارَةِ الْمُحَاصَرَة تَكُونُ مُعَلَّقَةً فِى الْمَاءِ وَمَمْنُوعَةً مِنْ إِعَادَةِ الْتِصَاقِهَا بِالنَّسِيجِ . وَبِشَطْفِ الْمَاءِ الصَّابُونِى تُزَالُ جُزَيْئَاتُ الْقَذَارَةِ الْمُعَلَّقَةِ فِيهِ .



٢ تُضِيفُ دَقَائِقُ الصَّابُونِ قُوَّةَ التَّوَتُّرِ السَّطْحِيِّ لِلْمَاءِ أَوْ قُوَّةَ التَّجَاذُبِ بَيْنَ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ ، وَتَسْمَحُ لِلْمَاءِ بِمَلْءِ فَجَوَاتِ النَّسِيجِ .

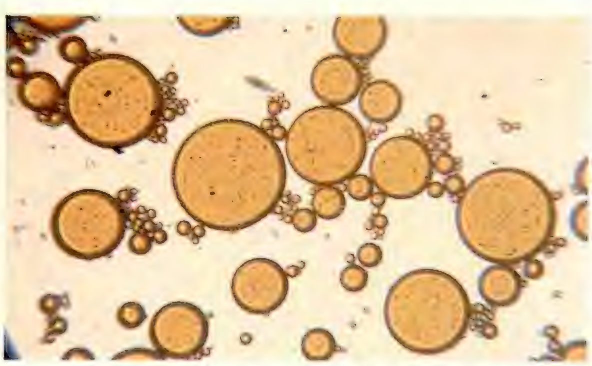
٣ النِّهَايَاتُ الْقُطْبِيَّةُ لِجُزَيْئَاتِ الصَّابُونِ تُحِيطُ بِالزَّيْتِ ، وَتَدْفَعُهُ بَعِيدًا عَنِ النَّسِيجِ . يَصِلُ الصَّابُونُ الزَّيْتَ وَالْمَاءَ الْمُنْفَصِلَيْنِ ، وَيُشَتِّتُ الزَّيْتَ .

جُزَيْئَاتُ الصَّابُونِ

تَتَكَوَّنُ جُزَيْئَاتُ الصَّابُونِ مِنْ نِهَايَاتٍ هَيْدُرُوفِيلِيَّةٍ وَهَيْدُروفُوبِيَّةٍ . وَالنِّهَايَاتُ الْهَيْدُرُوفُوبِيَّةُ تَلْتَصِقُ بِالْقَذَارَةِ أَوِ الزَّيْتِ ، وتُحِيطُ بِهَا تَمامًا النِّهَايَاتُ الْهَيْدُرُوفِيلِيَّةُ (يسار) فِي تَرْكِيبٍ يُسَمَّى مُجَمَّعَاتٍ .



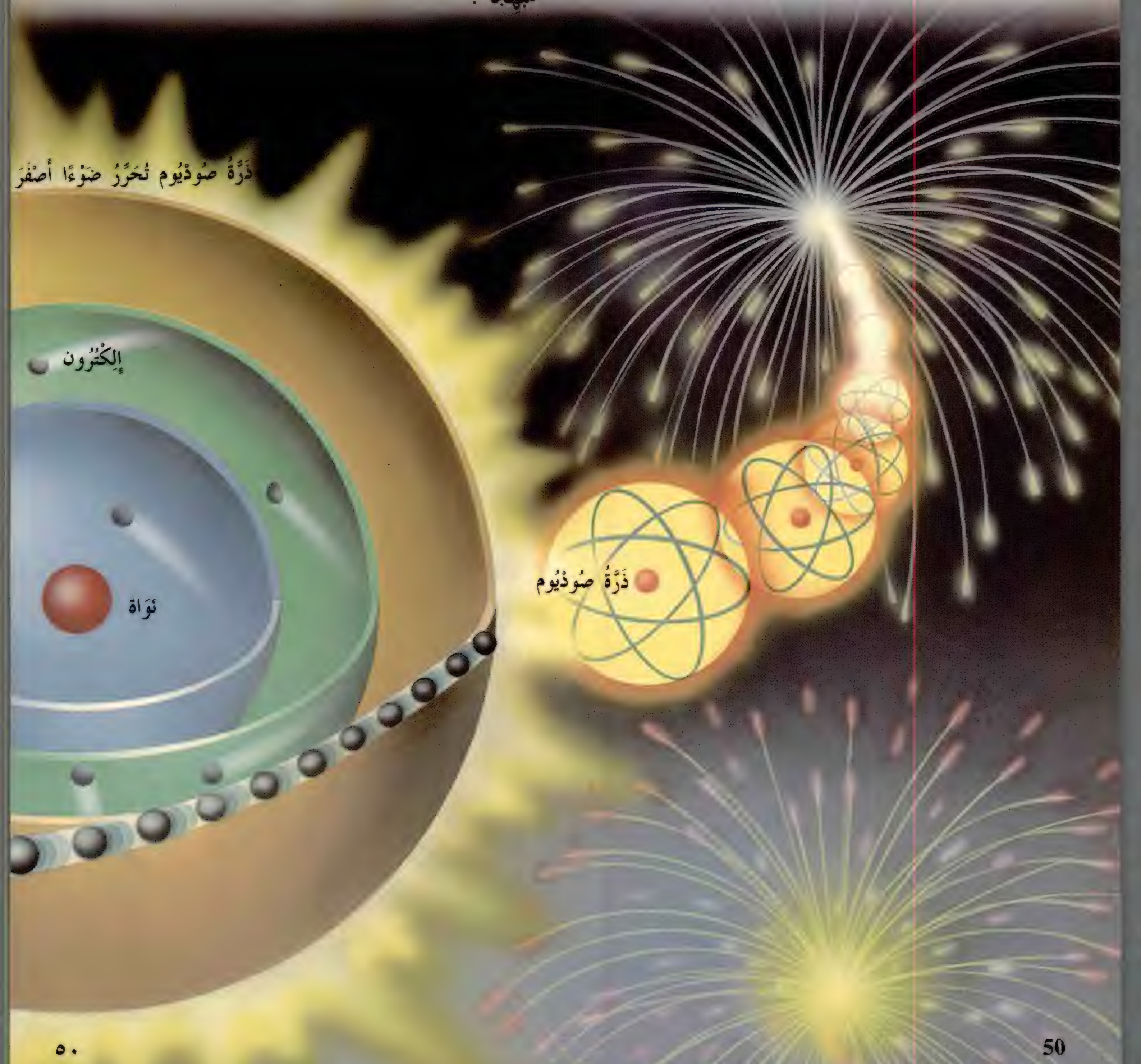
مُجَمَّع



بِدُونِ الصَّابُونِ ، يَتَكَتَّلُ الزَّيْتُ مَعًا .

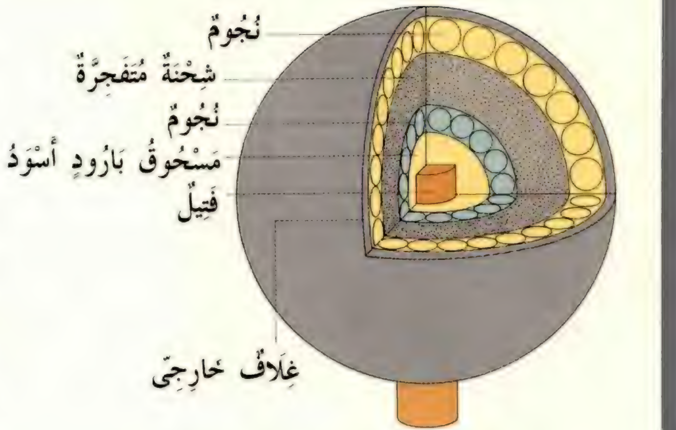
كيف تنتج الألعاب الناريّة الألوان ؟

أُخترعت الْأَلْعَابُ النَّارِيَّةُ فِى الصِّينِ مُنْذُ حَوَالَى ٢٠٠٠ عام ، وَهِىَ تَمْلأُ السَّمَاءَ بِأَلْوَانٍ وَأَشْكَالٍ رَائِعَةٍ ، وَهِىَ مِثَالٌ وَاضِحٌ عَلَى سُلُوكِ الْإِلِكْتِرُونَاتِ فِى وُجُودِ فَائِضٍ مِنَ الطَّاقَةِ أَو الْحَرَارَةِ . فَعِنْدَمَا تُسَخَّنُ مَادَّةٌ نَتِيجَةَ انْفِجَارِ مَسْحُوقِ الْبَارُودِ الْأَسْوَدِ ــ كَمَا فِى هَذِهِ الْحَالَةِ ــ فَإِنَّ إِلِكْتُرُونَاتِ الذَّرَّاتِ تُثَارُ وَتَقْفِزُ مِنْ مَدَارَاتِهَا الْمُسْتَقِرَّةِ إِلَى مَدَارَاتٍ جَدِيدَةٍ فِى مُسْتَوَيَاتِ طَاقَةٍ أَعْلَى . وَلَكِنَّ هَذَا الْوَضْعَ يَكُونُ غَيْرَ مُسْتَقِرٍّ ، فَسُرْعَانَ مَاتَعُودُ الْإِلِكْتُرُونَاتُ إِلَى مَدَارَاتِهَا الْعَادِيَّةِ . وَأَثْنَاءَ هَذِهِ الْعَمَلِيَّةِ ، تُحَرِّرُ كَمًّا هَائِلًا مِن الطَّاقَةِ أَو الْفُوتُونَاتِ ، فِى شَكْلِ ضَوْءٍ مَرْئِىٍّ ، هُوَ الْخُطُوطُ الْمُضِيئَةُ الَّتِى تَظْهَرُ فِى السَّمَاءِ عِنْدَ إِطْلَاقِ صَوَارِيخِ الْأَلْعَابِ النَّارِيَّةِ . وَيُحَرِّرُ كُلُّ عُنْصُرٍ طَاقَةً ضَوْئِيَّةً لَهَا أَطْوَالٌ مُوجِيَّةٌ خَاصَّةٌ تُعْطِى لَوْنًا مُحَدَّدًا . فَالصُّودْيُوم يُسْتَخْدَمُ لِإِعْطَاءِ الضَّوْءِ الْأَصْفَرِ ، وَأَمْلَاحُ الاسْترانشْيُومُ وَاللِّيثْيُوم لِلْأَحْمَرِ ، وَالنُّحَاسُ لِلْأَزْرَقِ ، وَالْبَارْيُوم لِلْأَخْضَرِ . وَتَجَمُّعُ الْأَلْوَانِ وَالْأَصْوَاتِ يَخْلُقُ جَوًّا مُثِيرًا مُبْهِجًا .



كَيْفَ تَحْتَرِقُ الْأَلْعَابُ النَّارِيَّةُ

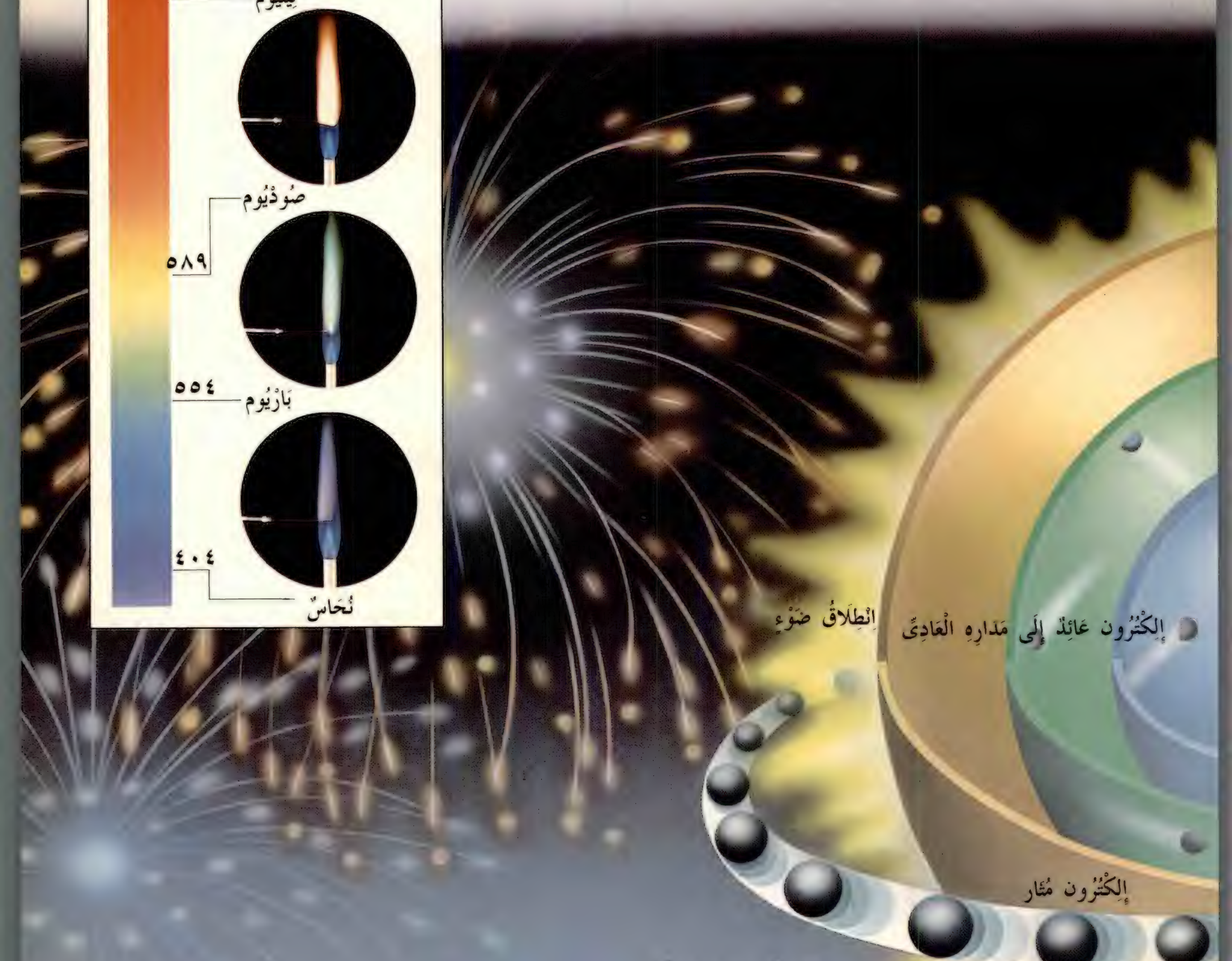
تَحْوِى الْأَغْلِفَةُ مَخْلُوطًا مِنْ مَسْحُوقِ الْبَارُودِ وَمُرَكَّبَاتٍ تُنْتِجُ الضَّوْءَ . وَيُشْعِلُ فَتِيلٌ دَفَّاعَاتِ الْبَارُودِ الَّتِى تَدْفَعُ الْغِلَافَ فِى الْهَوَاءِ . ثُمَّ يُحَرِّرُ فَتِيلٌ آخَرُ مُتَأَخِّرُ التَّوْقِيتِ شِحْنَةً مُتَفَجِّرَةً . تُشْعِلُ الْبَارُودَ بِلَهَبٍ ذِى أَشْكَالٍ جَمِيلَةٍ بِسَبَبِ نُجُومِ الْأَمْلَاحِ .



اللَّوْنُ وَالطُّولُ الْمَوْجِىُّ

تَتَوَقَّفُ الْأَلْوَانُ النَّاتِجَةُ عَلَى الْمَوَادِّ الْمَوْجُودَةِ فِى الصَّارُوخِ . وَعِنْدَمَا تَحْتَرِقُ بَعْضُ الْفِلِزَّاتِ تُنْتِجُ لَهَبًا لَهُ لَوْنٌ مُمَيَّزٌ : أَحْمَرُ لِلِيثْيُوم ، أَصْفَرُ لِلصُّودْيُوم ، أَخْضَرُ لِلْبَارْيُوم ، وَأَزْرَقُ لِلنُّحَاسِ .





إِلِكْتُرُونَاتٌ مُثَارَةٌ

تَدْفَعُ الطَّاقَةُ الْحَرَارِيَّةُ إِلِكْتُرُونَاتِ ذَرَّةٍ إِلَى مَدَارَاتٍ جَدِيدَةٍ فِى مُسْتَوَيَاتِ طَاقَةٍ أَعْلَى . ثُمَّ تَعُودُ بِسُرْعَةٍ إِلَى مَدَارَاتِهَا الْعَادِيَّةِ ، بَاعِثَةً شِحْنَةً ضَوْئِيَّةً ذَاتَ طُولٍ مَوْجِىٍّ مُعَيَّنٍ . وَالصُّودْيُوم هُنَا يَبْعَثُ ضَوْءًا أَصْفَرَ .

كَيْفَ يُمْكِنُ إِزَالَةُ الرَّوَائِحِ الْكَرِيهَةِ ؟

تَنْتُجُ الرَّوَائِحُ الْجَيِّدَةُ أَوِ الْكَرِيهَةُ بِوَاسِطَةِ الْجُزَيْئَاتِ الْمُتَحَرِّرَةِ مِنْ سَطْحِ الْمَوَادِّ الْمُخْتَلِفَةِ . فَسَمَكَةٌ طَازَجَةٌ لَيْسَتْ لَهَا أَىُّ رَائِحَةٍ عَلَى الْإِطْلَاقِ ، وَلَكِنَّ الْبَكْتِرْيَا عَلَى سَمَكَةٍ مُتَحَلِّلَةٍ تُحَرِّرُ جُزَيْئَاتٍ ذَاتَ رَائِحَةٍ قَوِيَّةٍ تُحِسُّ بِهَا مُسْتَقْبِلَاتُ عُضْوِ الشَّمِّ فِى الْأَنْفِ بِسُرْعَةٍ . وَيُمْكِنُ التَّخَلُّصُ مِنَ الرَّوَائِحِ فِيزْيَائِيًّا ، أَوْ كِيمْيَائِيًّا ، أَوْ بِيُولُوجِيًّا .

وَيَتِمُّ التَّخَلُّصُ مِنَ الرَّوَائِحِ طَبِيعِيًّا بِاسْتِخْدَامِ مُرَشِّحَاتِ الْكَرْبُونِ الْمُنَشَّطَةِ ، كَمَا فِى الثَّلَّاجَةِ (أَسْفَل) . وَتَحْتَوِى بِلُّورَةٌ دَقِيقَةٌ مِنَ الْكَرْبُونِ الْمُنَشَّطِ عَلَى عَدَدٍ مِنَ الْفُتْحَاتِ أَوِ الْمَسَامِّ يُعْطِى لِلْبِلُّورَةِ مِسَاحَةً سَطْحِيَّةً كَبِيرَةً جِدًّا بِالنِّسْبَةِ لِحَجْمِهَا . وَتَصْطَدِمُ جُزَيْئَاتُ الرَّائِحَةِ الْمُحَلِّقَةِ فِى الْهَوَاءِ ، بِدَقَائِقِ الْكَرْبُونِ وَيَتِمُّ مُحَاصَرَتُهَا فِى هَذِهِ الْمَسَامِّ . وَبَعْضُ الْوَسَائِطِ الْأُخْرَى الَّتِى تَعْمَلُ بِطَرِيقَةٍ مُشَابِهَةٍ ، قَدْ تَحْتَوِى عَلَى جُلِّ السِّلِيكَا وَبُوكْسِيتْ مُنَشَّطٍ .

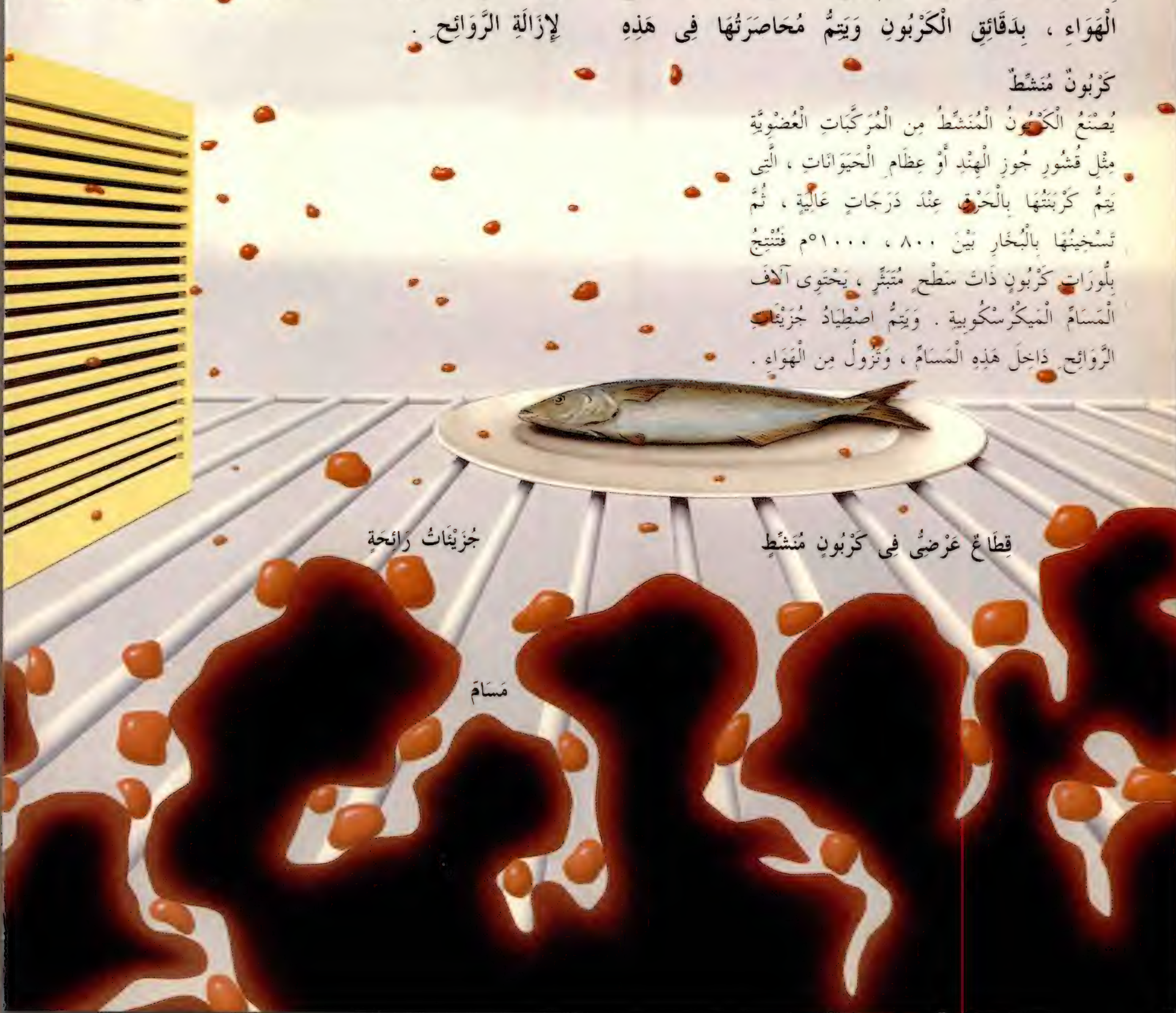
أَمَّا التَّخَلُّصُ مِنْهَا كِيمْيَائِيًّا فَيَتِمُّ بِاسْتِخْدَامِ الْأَحْمَاضِ لِتُعَادِلَ الرَّوَائِحَ الْقَلَوِيَّةَ ، وَالْقَلَوِيَّاتِ لِتُعَادِلَ الرَّوَائِحَ الْحِمْضِيَّةَ . وَلَكِنَّ قَلِيلًا مِنَ الْمَوَادِّ يُمْكِنُ مُعَالَجَتُهَا كِيمْيَائِيًّا .

وَالْإِزَالَةُ الْبِيُولُوجِيَّةُ لِلرَّوَائِحِ ، تَتِمُّ بِاسْتِخْدَامِ أَعْضَاءٍ حَيَوِيَّةٍ مِيكْرُوسْكُوبِيَّةٍ لِتَكْسِرَ جُزَيْئَاتِ الرَّوَائِحِ ، فَتُصْبِحَ عَدِيمَةَ الرَّائِحَةِ . وَالْوَسَائِطُ الْبِيُولُوجِيَّةُ مَحْدُودَةٌ ، فَقَدْ تَكُونُ بِشُرُوطٍ مِثْلِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ .

وَلِهَذَا فَإِنَّ الْكَرْبُونَ الْمُنَشَّطَ هُوَ أَكْثَرُ الْوَسَائِلِ فَعَالِيَةً لِإِزَالَةِ الرَّوَائِحِ .

كَرْبُونٌ مُنَشَّطٌ

يُصْنَعُ الْكَرْبُونُ الْمُنَشَّطُ مِنَ الْمُرَكَّبَاتِ الْعُضْوِيَّةِ مِثْلِ قُشُورِ جَوْزِ الْهِنْدِ أَوْ عِظَامِ الْحَيَوَانَاتِ ، الَّتِى يَتِمُّ كَرْبَنَتُهَا بِالْحَرْقِ عِنْدَ دَرَجَاتٍ عَالِيَةٍ ، ثُمَّ تَسْخِينُهَا بِالْبُخَارِ بَيْنَ ٨٠٠ ، ١٠٠٠°م فَتُنْتِجُ بِلُّورَاتِ كَرْبُونٍ ذَاتَ سَطْحٍ مُتَبَثِّرٍ ، يَحْتَوِى آلَافَ الْمَسَامِّ الْمِيكْرُسْكُوبِيَّةِ . وَيَتِمُّ اصْطِيَادُ جُزَيْئَاتِ الرَّوَائِحِ دَاخِلَ هَذِهِ الْمَسَامِّ ، وَتَزُولُ مِنَ الْهَوَاءِ .



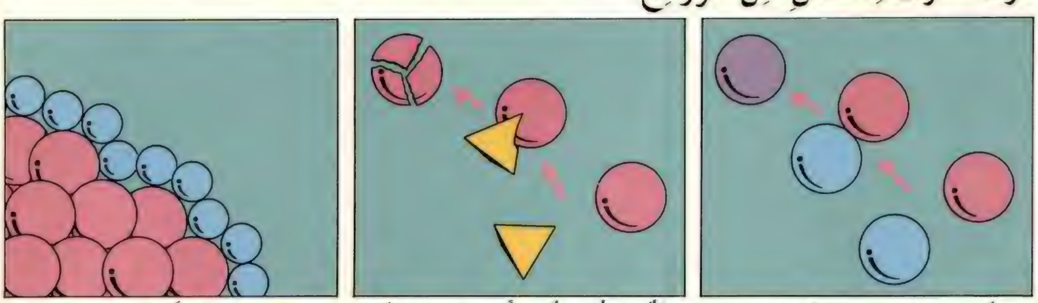


سَطْحُ الْكَرْبُونِ الْمُنَشَّطِ

إذَا بُسِطَ سَطْحُ ١ جم مِن الْكَرْبُونِ الْمُنَشَّطِ ، فَإنَّهُ يُغَطِّى حَوالَىْ ٢٠٠٠ م٢، أَىْ مَايُعَادِلُ مِسَاحَةَ مَلْعَبِ كُرَةِ السَّلَّةِ . (يمين) صُورَةٌ لَهُ بالميكْرُوسْكُوب مُكَبَّرةً ٣٥٠ مرة . وَتَظْهَرُ الْمَسَامُ كَأَنَّهَا حَفْرٌ عَلَى سَطْحِ الْقَمَرِ .



طُرُقٌ أُخْرَى لِلتَّخَلُّصِ مِن الرَّوَائِح



تَعَادُلٌ كِيمْيَائِى : الْقَلَوِيَّـاتُ (أزرق) وَالْأَحْمَاضُ (أرجوانى) يلْغِى كُلٌّ مِنْهُمَا الْآخَرَ .

إزَالَةٌ بِيُولُوجِيَّةٌ : أَعْضَاءٌ حَيَوِيَّةٌ دَقِيقَةٌ تُهَاجِمُ جُزَيْئَاتِ الرَّائِحَةِ وَتَكْسِرُهَا .

بِالتَّغْطِيَةِ : تُغَطَّى الرَّوَائِـحُ الْكَرِيهَةُ بِقِنَاعٍ يُنْتِجُ رَوَائِحَ طَيِّبَةً .

3 الطَّــاقَةُ الْكِيمْيَائِيَّةُ

عِنْدَمَا يَخْتَلِطُ الْبنزِينُ مَعَ الْهَوَاءِ وَيَحْتَرِقُ ، يَحْدُثُ تَحَوُّلٌ سَرِيعٌ وَعَنِيفٌ . وَيُنْتِجُ هَذَا التَّفَاعُلُ الْكِيمَائِيُّ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَالْمَاءَ وَالطَّاقَةَ الْكَافِيَةَ لِتَحْرِيكِ سَيَّارَةٍ . وَفِي سِلْسِلَةٍ أُخْرَى مِن التَّفَاعُلاتِ الكِيميَائِيَّةِ يَتَحَوَّلُ سُكَّرُ الْجُلُوكُوزِ إِلَى ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَالْمَاءِ . وَرَغْمَ أَنَّ هَذِهِ التَّفَاعُلاتِ الْأَخِيرَةَ أَهْدَأُ ، إِلَّا أَنَّ الطَّاقَةَ النَّاتِجَة كَافِيَةٌ لِتَنْشِيطِ الْإِنْسَانِ .

وَيَحْدُثُ فِي الْكَوْنِ عَدَدٌ لَا يُحْصَى مِن التَّفَاعُلاتِ الْكِيمْيَائِيَّةِ الْمُخْتَلِفَةِ ، الَّتِي يَحْدُثُ فِيهَا كُلِّهَا تَغَيُّراتٌ فِي تَرْكِيبِ الْمَادَّةِ . وَيَتَضَمَّنُ هَذَا التَّغَيُّرُ إِعَادَةَ تَرْتِيبِ ذَرَّاتِ مَجْمُوعَةٍ مِن الْجُزَيْئَاتِ ، وَتَكْسِيرَ الرَّوَابِطِ الْمُعَقَّدَةِ الَّتِي تَرْبطُ بَيْنَهَا ، لِيَنْتُجَ تَرْتِيبٌ جَدِيدٌ . فَعِنْدَمَا يَصْدَأُ الْحَدِيدُ ـــ مَثَلًا ـــ تَتَّحِدُ جُزَيْئَاتُ الْأُكْسُجِين مَعَ ذَرَّاتِ الْحَدِيدِ لِتُكَوِّنَ مُرَكَّبًا جَدِيدًا هُوَ أُكْسِيدُ الْحَدِيدِ وَتَتَرَتَّبُ الذَّرَّاتُ فِي أُكْسِيدِ الْحَدِيدِ تَرْتِيبًا مُخْتَلِفًا عَنْ جُزَيْئَاتِ الْأُكْسُجِين أَو الْحَدِيدِ . وَبَعْضُ التَّفَاعُلاتِ قَدْ تَحْدُثُ بِبُطْءٍ وَتُنْتِجُ قَدْرًا قَلِيلًا مِن الطَّاقَةِ . وَتَحْتَاجُ تَفَاعُلاتٌ أُخْرَى إِلَى مَصْدَرٍ مُسْتَقِلٍّ لِلطَّاقَةِ قَبْلَ أَنْ تَحْدُثَ . وَفِي سِلْسِلَةِ التَّفَاعُلَاتِ الْكِيمْيَائِيَّةِ الْمَعْرُوفَةِ بِالتَّمْثِيلِ الضَّوْئِيِّ ، يَسْتَخْدِمُ النَّبَاتُ طَاقَةَ الشَّمْسِ لِيَرْبطَ بَيْنَ ٦ جُزَيْئَاتِ ثَانِي أُكْسِيد الْكَرْبُونِ ، ٦ جُزَيْئَاتِ مَاءٍ لِيُنْتِجَ جُزَيْئًا وَاحِدًا مِن الْجُلُوكُوزِ ، و٦ جُزَيْئَاتِ أُكْسُجِين .



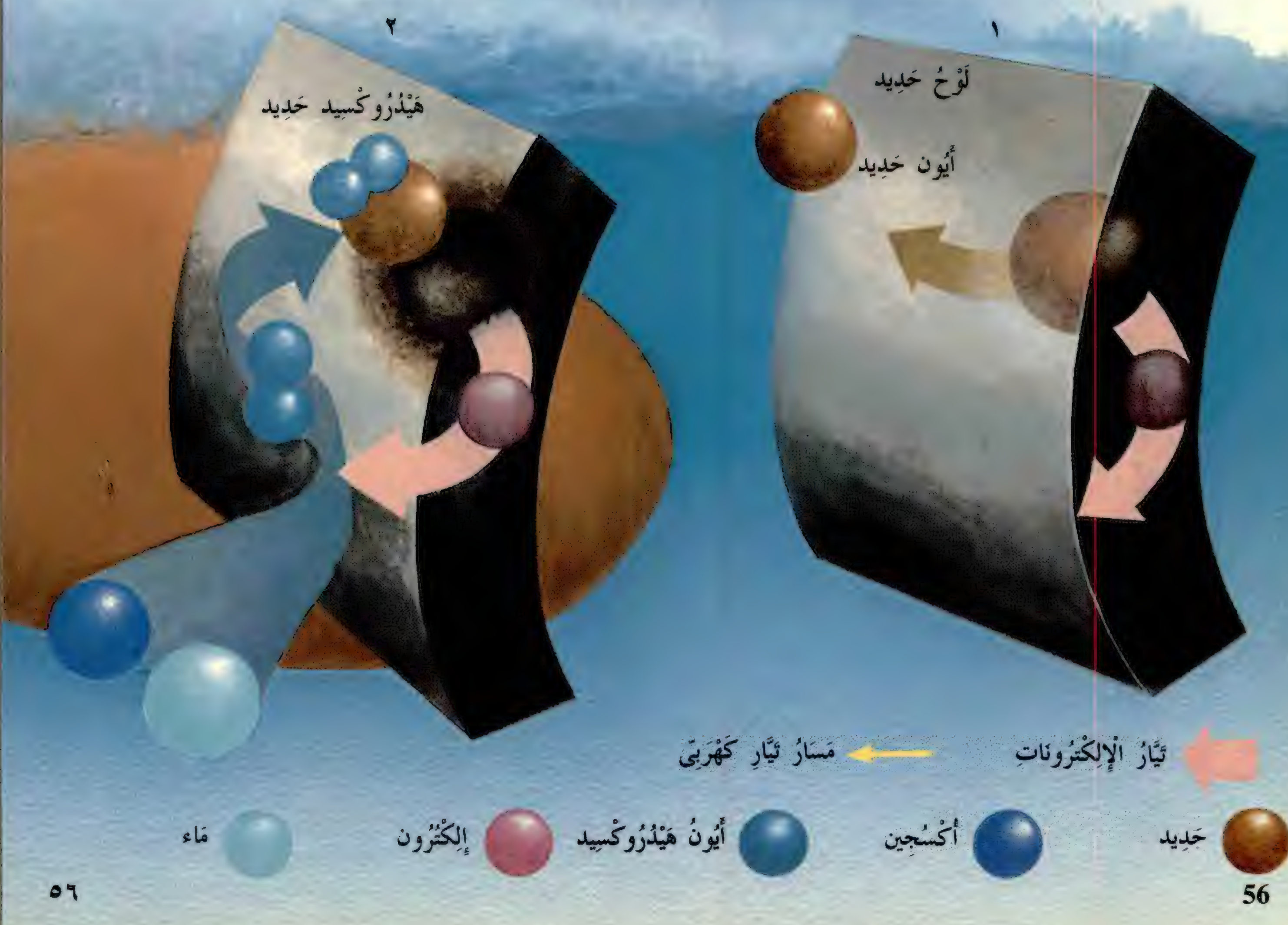
صَارُوخٌ أُطْلِقَ إِلَى الْفَضَاءِ ، احْتَاجَ إِلَى طَاقَةٍ كَبِيرَةٍ لِلتَّغَلُّبِ عَلَى الْجَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ . وَمَصْدَرُ هَذِهِ الطَّاقَةِ هِيَ التَّفَاعُلاتُ الْكِيمْيَائِيَّةُ السَّرِيعَةُ الَّتِي تَحْدُثُ عِنْدَ خَلْطِ الْوَقُودِ بِالْأُكْسُجِين وَإِشْعَالِهِ فِي آلاتِ الصَّارُوخِ .



لِمَاذَا يَصْدَأُ الْحَدِيدُ ؟

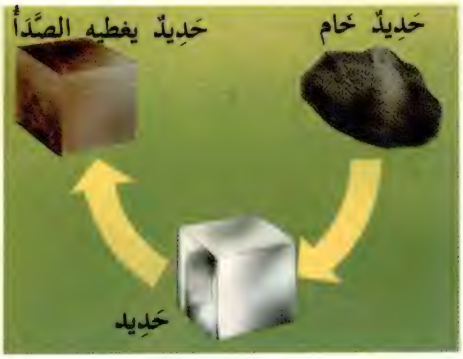
يُوجَدُ الْحَدِيدُ فِى الطَّبِيعَةِ مُتَّحِدًا مَعَ عَنَاصِرَ أُخْرَى مِثْلَ الْأُكْسُجِين ، وَيُسَمَّى الخَامَ أُكْسِيدَ الْحَدِيدِ . وَعِنْدَمَا يُسْتَخْلَصُ الْحَدِيدُ مِنْهُ وَيُصَنَّعُ إِلَى صُلْبٍ ، فَإِنَّهُ يَتَفَاعَلُ بِسُهُولَةٍ مَعَ الْمَوَادِّ الْأُخْرَى . وَعِندَمَا يَتَلَامَسُ مَعَ الْأُكْسُجِين فِى الْهَوَاءِ أَو الْمَاءِ ، يَتِمُّ تَفَاعُل تَأَكْسُدٍ ـــ اختِزَالٍ ، وَيَتَحَوَّلُ تَدْرِيجِيًّا إِلَى شَكْلِهِ الطَّبِيعِىِّ كَأُكْسِيدِ حَدِيدٍ . عَلَى خُطْوَتَيْن : التَّأَكْسُدِ ، حَيثُ تَفْقِدُ الذَّرَّاتُ إِلِكْتُرونَات ، وَالاخْتِزَال حَيْثُ تَكْتَسِبُ الذَّارتُ إِلِكْتُرونات . وَإِذَا تَعَرَّضَ الْحَدِيدُ لِلْمَاءِ ، مِثْلُ جِسْمِ السَّفِينَةِ (يسار) فَإِنَّ ذَرَّاتِ الْأُكْسُجِين الذَّائِبِ فِى الْمَاءِ تَجْذِبُ الإِلِكْتُرونَاتِ مِنْ ذَرَّاتِ الْحَدِيدِ وَتُنْتِجُ أَيُونَاتِ حَدِيدٍ مُوجَبَةً (Fe^{+2}). كَمَا تَتَفَاعَلُ ذَرَّاتُ الْأُكْسُجِين مَعَ جُزَيْئَاتِ الْمَاءِ الَّتِى تَكْتَسِبُ الإِلِكْتُرونَاتِ ، وَتُخْتَزَلُ إِلَى أَيُونات هَيْدُرُوكْسِيد (OH^{-}) سَالِبَةٍ تَلْتَصِقُ بِأَيُونَاتِ الْحَدِيدِ مُكَوِّنَة هَيْدُروكْسِيدِ الْحَدِيدِ [$Fe(OH)_2$]. وَيَتَفَاعَلُ الْأُكْسُجِينُ الباقى الْمُذَابُ بِبُطْءٍ مَعَ الْهَيْدُورُكْسِيدِ مُكَوِّنًا أُكْسِيدَ الْحَدِيدِ أَو الصَّدَأ [Fe_2O_3] . وَهوَ هَشٌّ يَتَقَشَّرُ بِسُرْعَةٍ فَيَكْشِفُ ذَرَّاتِ الْحَدِيدِ . وَتَتَكَرَّرُ الْعَمَلِيَّةُ مِنْ جدِيدٍ وَيُمْكِنُ إِيقَافُ الصَّدَإِ بِتَعْوِيضِ الإِلِكْتُرُونَاتِ الَّتِى فَقَدَهَا الْحَدِيدُ بِاسْتِخْدَامِ مَصَاعِدَ (أَنود) تَعْوِيضيةٍ أَوْ بِتَسْلِيطِ جُهْدٍ كَهْرَبِىٍّ مُنْخَفِضٍ على جِسْمِ السَّفِينَةِ فِى مُقَابِلِ التَّفَاعُلِ التَّأَكْسُدِى الاخْتِزَالِى .





مِنْ خامٍ إلَى حَدِيدٍ إلَى صَدَأٍ

يَعْثُرُ رِجالُ الْمَناجِمِ عَلَى خامِ الْحَدِيدِ كَأُكْسِيدِ حَدِيدٍ . وَيَتِمُّ الْحُصُولُ عَلَى الْحَدِيدِ النَّقِيِّ فِي فُرْنٍ لافِحٍ ، حَيْثُ يُسْتَهْلَكُ ٢ طِنٌّ مِن الْخامِ لِلْحُصُولِ عَلَى ١ طِنٍّ مِن الْحَدِيدِ . وَبِمُرُورِ الْوَقْتِ يَتَّحِدُ الْحَدِيدُ ثانِيَةً مَعَ الْأُكْسُجِين ، فَيَصْدَأُ .



■ كَيْفَ تَصْدَأُ الْأَشْيَاءُ ؟

١ عِنْدَ مَكَانِ التَّأَكْسُدِ أو الْمِصْعَدِ ، تَتَفاعَلُ ذَرَّاتُ الْحَدِيدِ مَعَ الْأُكْسُجِين الْمُذَابِ فِي الْماءِ وَتَفْقِدُ إِلِكْتُرُونين ، وَتُصْبِحُ أيُوناتِ حَدِيدٍ مُوجَبَةٍ .

٢ عِنْدَ مَكَانِ الاخْتِزالِ أو الْمَهْبِطِ ، تَكْتَسِبُ جُزَيْئاتُ الْماءِ إلِكْتُرونات ، وَتَنْقَسِمُ إلَى ذَرَّاتِ هَيْدُرُوجِين ، وَأيُوناتِ هَيْدُرُوكْسِيدِ سالِبَةٍ (OH^-) تَتَّحِدُ مَعَ أيُوناتِ الْحَدِيدِ .

٣ بِمُجَرَّدِ اتِّحادِ أيُوناتِ الْحَدِيدِ الْمُوجَبَةِ مَعَ أيُوناتِ الْهَيْدُرُوكْسِيدِ السَّالِبَةِ يَتَكَوَّنُ الصَّدَأُ . وَتَيَّارُ الإلِكْتُرُوناتِ يُسَبِّبُ تَيَّارًا كَهْرَبِيًّا ضَعِيفًا .

■ إيقافُ الصَّدَأ



مِصْعَدُ خارْصِين مُلْتَصِقٌ بِالسَّفِينَةِ ، يَتَآكَلُ بَدَلًا مِنْ حَدِيدِ جِسْمِ السَّفِينَةِ .



مَصْدَرٌ كَهْرَبِيٌّ خارِجِيٌّ
بِمُرُورِ تَيَّارٍ كَهْرَبِيٍّ مُنْخَفِضِ الْجُهْدِ فِي جِسْمِ السَّفِينَةِ لِيُعَوِّضَ الْإِلِكْتُرُوناتِ الْمَفْقُودَةَ .



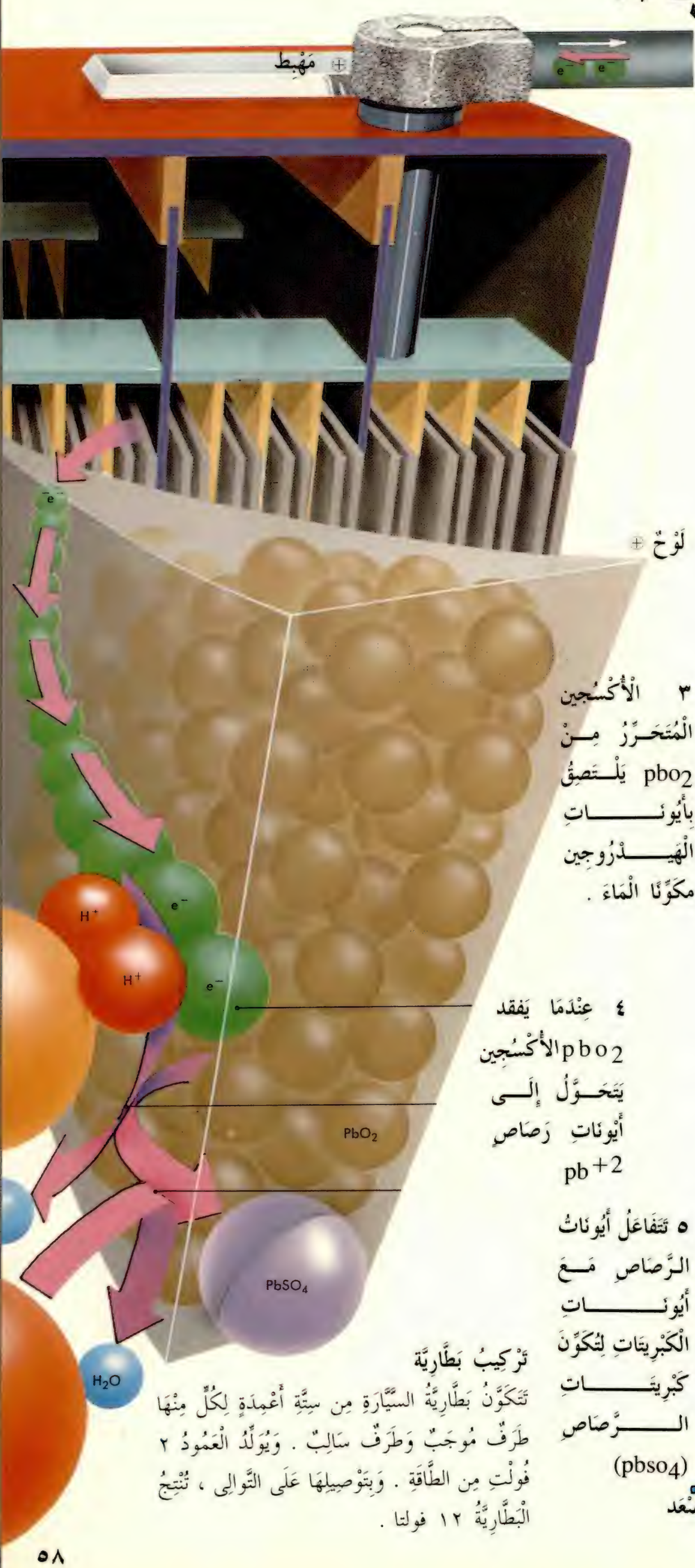
مِصْعَدٌ مُضَحٍّ
لِأَنَّ الْخارْصِينَ يَفْقِدُ إلِكْتُرُوناتِهِ أَسْرَعَ مِن الْحَدِيدِ ، فَإِنَّهُ يُسْتَخْدَمُ كَمِصْعَدٍ مُضَحٍّ يُعَوِّضُ الإلِكْتُرُوناتِ الَّتِي يَفْقِدُهَا الْحَدِيدُ عِنْدَ التَّأَكْسُدِ .



خارْصِين

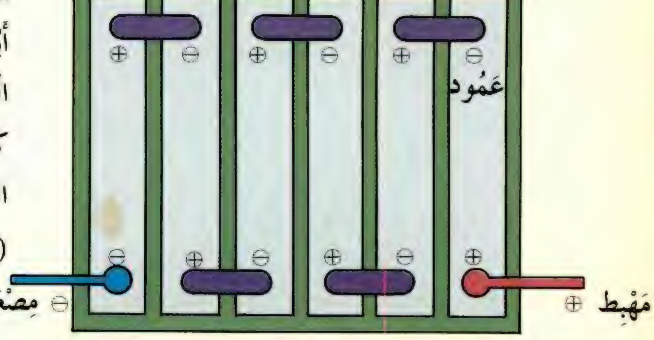
كَيْفَ تُوَلِّدُ الْبَطَّارِيَّاتُ الْكَهْرَبَاءَ ؟

تَتَكَوَّنُ بَطَّارِيَّاتُ السَّيَّارَاتِ مِنْ أَعْمِدَةٍ كَهْرُوكِيمْيَائِيَّةٍ تُحَوِّلُ الطَّاقَةَ الْكِيمْيَائِيَّةَ إِلَى طَاقَةٍ كَهْرَبِيَّةٍ . وَدَاخِلَ الْبَطَّارِيَّةِ (يسار) تَكُونُ الْأَلْوَاحُ السَّالِبَةُ أَو الْمَصَاعِدُ مِن الرَّصَاصِ (pb)، وَالْأَلْوَاحُ الْمُوجَبَةُ أَو الْمَهَابِطُ مِنْ أُكْسِيدِ الرَّصَاصِ (pbo_2)، وَجَمِيعُهَا مَغْمُورَةٌ فِي مَحْلُولِ حِمْضِ الْكَبْرِيتِيكِ (H_2SO_4). وَعِنْدَمَا يُدَارُ مِفْتَاحُ التَّشْغِيلِ لِيَقْفِلَ الدَّائِرَةَ الْكَهْرَبِيَّةَ ، فَإِنَّ الْبَطَّارِيَّةَ تُوَلِّدُ الْكَهْرَبِيَّةَ فِي تَفَاعُلٍ تَأَكْسُدِيٍّ اخْتِزَالِيٍّ . فَعِنْدَ الْمَصْعَدِ ، يَفْقِدُ الرَّصَاصُ إِلِكْتُرُونَيْنِ ($2e-$) وَيَتَحَوَّلُ إِلَى أَيُونَاتِ رَصَاصٍ مُوجَبَةٍ ($pb+^2$) تَتَّحِدُ مَعَ أَيُونَاتِ الْكَبْرِيتَاتِ (so_4^{-2}) السَّالِبَةِ وَتُنْتِجُ كَبْرِيتَاتِ الرَّصَاصِ . وَعِنْدَ الْمَهْبِطِ ، يَكْتَسِبُ أُكْسِيدُ الرَّصَاصِ إِلِكْتُرُونَاتٍ وَيُحَرِّرُ الْأُكْسُجِينَ الَّذِى يَلْتَصِقُ بِأَيُونَاتِ الْهَيْدُرُوجِينِ لِيُنْتِجَ الْمَاءَ وَكَبْرِيتَاتِ الرَّصَاصِ . وَأَثْنَاءَ حُدُوثِ هَذَا التَّفَاعُلِ فَإِنَّ تَيَّارَ الْإِلِكْتُرُونَاتِ يُوَلِّدُ تَيَّارًا كَهْرَبِيًّا . وَتَزْدَادُ كَمِّيَّةُ الْمَاءِ وَكَبْرِيتَاتُ الرَّصَاصِ ، بَيْنَمَا تَنْقُصُ كَمِّيَّةُ الرَّصَاصِ وَأُكْسِيدِ الرَّصَاصِ وَتَرْكِيزُ حِمْضِ الْكَبْرِيتِيكِ . وَعِنْدَمَا تُسْتَهْلَكُ الْمَوَادُّ الْمُتَفَاعِلَةُ ، يَتَوَقَّفُ إِنْتَاجُ الْبَطَّارِيَّةِ لِلْكَهْرَبِيَّةِ . وَيُمْكِنُ عَكْسُ التَّفَاعُلِ ، بِإِعَادَةِ شَحْنِ الْبَطَّارِيَّةِ .

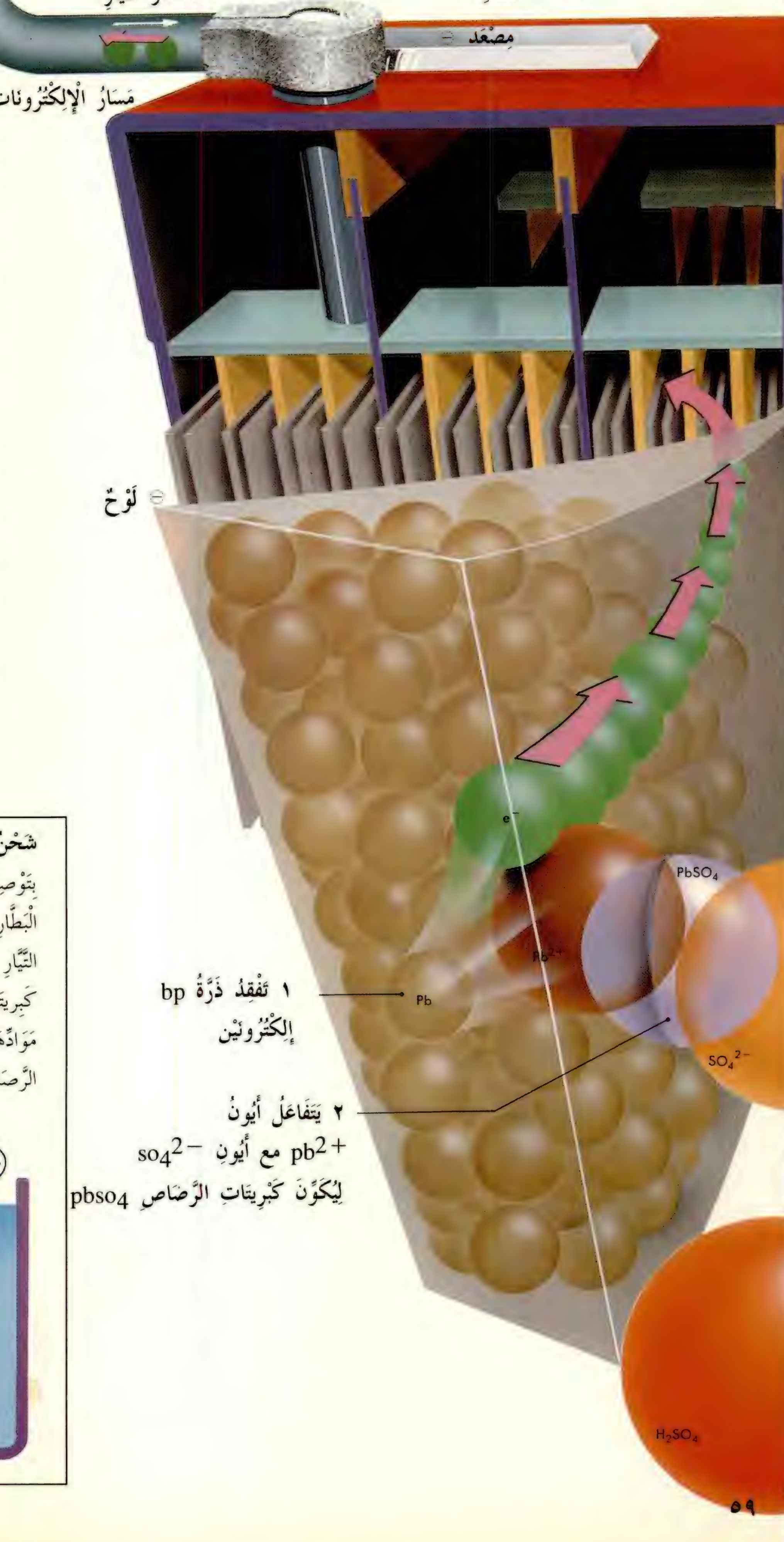


تَرْكِيبُ بَطَّارِيَّة

تَتَكَوَّنُ بَطَّارِيَّةُ السَّيَّارَةِ مِن سِتَّةِ أَعْمِدَةٍ لِكُلٍّ مِنْهَا طَرَفٌ مُوجَبٌ وَطَرَفٌ سَالِبٌ . وَيُوَلِّدُ الْعَمُودُ ٢ فُولْتِ مِن الطَّاقَةِ . وَبِتَوْصِيلِهَا عَلَى التَّوالِى ، تُنْتِجُ الْبَطَّارِيَّةُ ١٢ فولتا .



كِيمْيَاءُ الْبَطَّارِيَّةِ



تَفَاعُلُ الْمِصْعَد

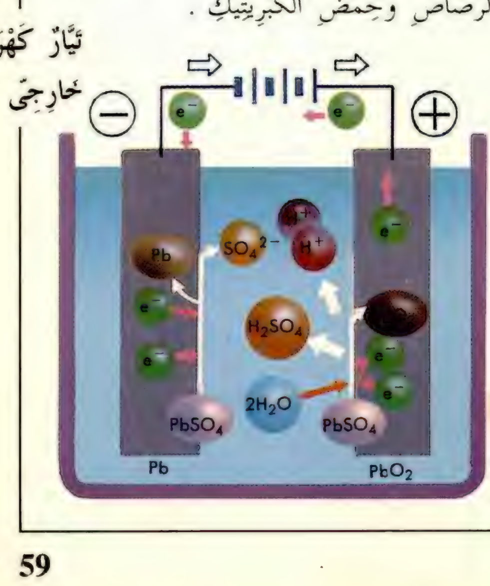
عِنْدَ الْمِصْعَدِ (فوق ـــ يمين) تَفْقِدُ كُلُّ ذَرَّةٍ مِن الرَّصَاصِ ٢ إِلِكْتُرون وَتُصْبِحُ أَيُونَ رَصَاص مُوجَبٍ (pb^{2+}). وَتَتَفَاعَلُ أَيُونَاتُ الرَّصَاصِ مَعَ أَيُونَاتِ الْكَبْرِيتَاتِ (so_4^{2-}) فِي حِمْضِ الْكَبْرِيتِيكِ وَتُكَوِّنُ كَبرِيتَاتِ الرَّصَاصِ .

تَفَاعُلُ الْمَهْبِط

عِنْدَ الْقُطْبِ الْمُوجَبِ (أقصى يمين) تَخْتَزِلُ الْإِلِكْتُرُونَاتُ أَيُونَاتِ الرَّصَاصِ فِي أُكْسِيدِ رَصَاصٍ مِنْ bp^{4+} إِلَى أَيُونَاتِ رَصَاصٍ pb^{2+} تَتَّحِدُ مَعَ أَيُونَاتِ الْكَبْرِيتَاتِ لِتُكَوِّنَ كَبْرِيتَات الرَّصَاصِ . وَالْأُكْسُجِين الْمُتَحَرِّرُ يَتَّحِدُ مَعَ أَيُونَاتِ الْهَيْدُرُوجِين لِيُكَوِّنَ الْمَاءَ .

شَحْنُ بطَّارِيَّة

بِتَوْصِيلِ مَصْدَرِ تَيَّارٍ كَهْرَبِيٍّ خارِجِيٍّ بِقُطْبَى الْبَطَّارِيَّةِ يَمُرُّ التَّيَّارُ فِي البَطَّارِيَّةِ فِي عَكْسِ اتِّجَاهِ التَّيَّارِ الْعَادِيِّ الْمُسْتَمَدِّ مِن الْبَطَّارِيَّةِ . فَتَتَحَوَّلُ كَبرِيتَاتُ الرَّصَاصِ وَالمَاءُ مَرَّةً أُخْرى إِلَى مَوَادِّهَا الْأَصْلِيَّةِ : الرَّصَاص وَثَانِى أُكْسِيدِ الرَّصَاص وَحِمْضِ الْكَبْرِيتِيكِ .



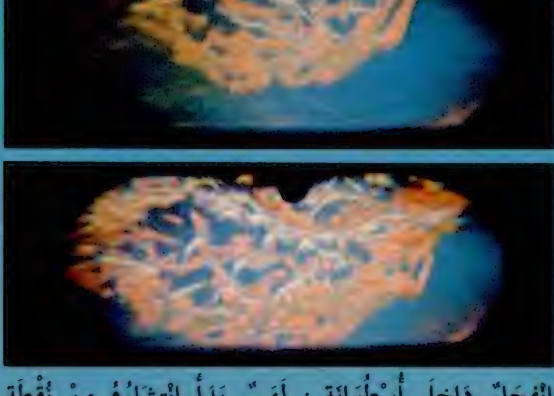
كَيْفَ يَدُورُ مُحَرِّكُ السَّيَّارَةِ ؟

١ سَحْب : فِى مِشْوَارِ السَّحْبِ ، يَهْبِطُ الْمِكْبَسُ وَيَسْحَبُ مَخْلُوطَ الْبَنْزِينِ وَالْهَوَاءَ خِلَالَ صِمَامِ السَّحْبِ الْمَفْتُوحِ إِلَى دَاخِلِ الْأُسْطُوَانَةِ .

٢ ضَغْطٌ : عِنْدَمَا يَرْتَفِعُ الْمِكْبَسُ ، فَإِنَّهُ يَضْغَطُ الْمَخْلُوطَ فَتَرْتَفِعُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ وَالضَّغْطُ دَاخِلَ الْأُسْطُوَانَةِ .



عِنْدَمَا يُدِيرُ سَائِقُ سَيَّارَةٍ مِفْتَاحَ التَّشْغِيلِ ، يَمُرُّ تَيَّارٌ إِلَى شَمْعَةِ الاحْتِرَاقِ ، الَّتِي تُحْدِثُ شَرَارَةً تُشْعِلُ مَخْلُوطَ الْبَنْزِينِ وَالْهَوَاءِ فِي الْأُسْطُوَانَاتِ . فَتَكْتَسِبُ السَّيَّارَةُ الْقُدْرَةَ . وَدَوْرَةُ الاحْتِرَاقِ تَحْدُثُ عَلَى ٤ خُطُوَاتٍ : سَحْبٍ ، وَضَغْطٍ ، وَاحْتِرَاقٍ ، ثُمَّ عَادِمٍ ، وَعِنْدَ هُبُوطِ الْمِكْبَسِ ، يُفْتَحُ صِمَامُ السَّحْبِ ، وَيَسْحَبُ خَلِيطًا مِنَ الْهَوَاءِ وَالْبَنْزِينِ إِلَى دَاخِلِ الْأُسْطُوَانَةِ . وَعِنْدَ ارْتِفَاعِ الْمِكْبَسِ ، يُقْفَلُ صِمَامُ السَّحْبِ ، وَيَضْغَطُ الْخَلِيطَ فَتَثَارُ جُزَيْئَاتُ الْغَازِ وَتَسْخُنُ إِلَى ٣٩٣°م أَوْ أَكْثَرَ . وَعِنْدَمَا تُشْعِلُ الشَّمْعَةُ هَذَا الْخَلِيطَ عَالِيَ الضَّغْطِ يَتَمَدَّدُ الْغَازُ بِسُرْعَةٍ ، وَيَضْغَطُ عَلَى الْمِكْبَسِ ، فَيَهْبِطُ . وَعِنْدَمَا يَرْتَفِعُ الْمِكْبَسُ مَرَّةً أُخْرَى يُفْتَحُ صِمَامُ الْعَادِمِ لِيُخْرِجَ غَازَاتِ الْعَادِمِ مِنَ الْأُسْطُوَانَةِ ، وَلْتَبْدَأْ دَوْرَةٌ جَدِيدَةٌ وَالْمِكْبَسُ عِنْدَ قِمَّةِ الْأُسْطُوَانَةِ . وَحَرَكَةُ الْمِكْبَسِ تَنْتَقِلُ إِلَى مَجْمُوعَاتٍ مِنَ التُّرُوسِ ، فَتَدُورُ الْعَجَلَاتُ . وَفِي مُحَرِّكَاتِ الدِّيزِلِ تَكُونُ نِسْبَةُ الضَّغْطِ كَبِيرَةً وَلَاتُوجَدُ شَمْعَةُ احْتِرَاقٍ لِأَنَّ وَقُودَ الدِّيزِلِ يَشْتَعِلُ ذَاتِيًّا تَحْتَ الضُّغُوطِ وَالْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ .



انْفِجَارٌ دَاخِلَ أُسْطُوَانَةٍ : لَهَبٌ بَدَأَ انْتِشَارُهُ مِنْ نُقْطَةِ الاحْتِرَاقِ الابْتِدَائِيَّةِ .

الْمِكْبَسُ وَالْعَمُودُ الْمِرْفَقِى



سَحْب: يُفْتَحُ صِمَامُ السَّحْبِ عِنْدَ نُزُولِ الْمِكْبَسِ فَيَدْخُلُ الْهَوَاءُ وَالْوُقُودُ .

ضَغْطٌ: يَدُورُ الْعَمُودُ الْمِرْفَقِى وَيَدْفَعُ الْمِكْبَسَ لِأَعْلَى ، وَيَضْغَطُ الْغَازَ .

احْتِرَاقٌ: شَرَارَةٌ تُشْعِلُ الْبِنْزِين ، فَيَضْغَطُ عَلَى الْمِكْبَسِ لِيَهْبِطَ .

عَادِمٌ: يُفْتَحُ صِمَامُ الْعَادِمِ عِنْدَ ارْتِفَاعِ الْمِكْبَسِ ، لِيَطْرُدَ غَازَاتِ الْعَادِمِ .



٣ احْتِرَاقٌ : تَحْدُثُ شَرَارَةٌ تُسَبِّبُ اتِّحَادَ الْبِنْزِين وَالْأُكْسُجِين . وَأَوَّلُ أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَبُخَارُ الْمَاءِ النَّاتِجَانِ يَضْغَطَانِ عَلَى الْمِكْبَسِ لِيَهْبِطَ .

٤ عَادِمٌ : يَتَحَرَّكُ الْمِكْبَسُ لِأَعْلَى ، فَيُفْتَحُ صِمَامُ الْعَادِمِ لِيَخْرُجَ بُخَارُ الْمَاءِ وَأَوَّلُ أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ .

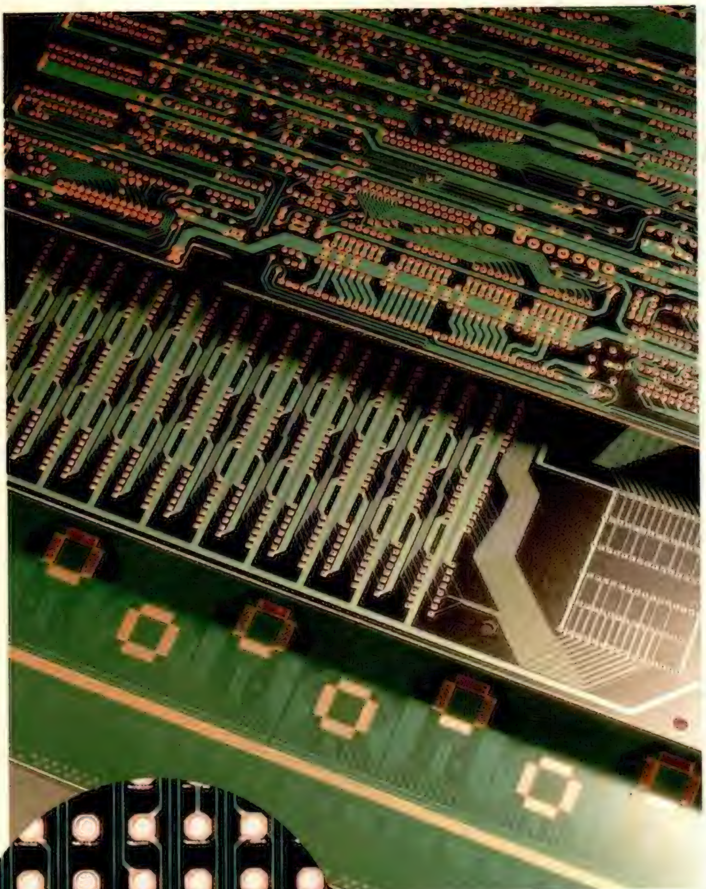
كَيْفَ يُصْبِحُ الْبُرُونْزُ فِضَّةً ؟

الطَّلَاءُ بِالْفِضَّةِ



يُمْكِنُ طِلَاءُ شَمْعِدَانٍ بُرُونْزِىٍّ بَسِيطٍ بِالْكَهْرَبِيَّةِ لِيُصْبِحَ شَمْعِدَانًا مُبْهِرًا بَرَّاقًا مِنَ الْفِضَّةِ . وَهَذِهِ الْعَمَلِيَّةُ الَّتِى تَجْرِى لِلسُّطُوحِ الْمَعْدِنِيَّةِ أَو الْبِلَاسْتِكِيَّةِ أَو السِّيرَامِيكِ ، تَتِمُّ بِتَرْسِيبِ طَبَقَةٍ رَقِيقَةٍ مِنْ مَعْدِنِ الطِّلَاءِ لِتُغَطِّى السَّطْحَ الْمَطْلُوبَ بِطَرِيقَةٍ كِيمْيَائِيَّةٍ كَهْرَبِيَّةٍ . فَلِطِلَاءِ شَمْعِدَانٍ مِن الْبُرُونْزِ بِالْفِضَّةِ (أَعْلَى) يُغْمَسُ الشَّمْعِدَانُ وَلَوْحٌ مِن الْفِضَّةِ فِى مَحْلُولِ سِيَانِيد الْبُوتَاسْيُوم وَالْفِضَّةِ . وَيُوصَّلُ لَوْحُ الْفِضَّةِ بِالْقُطْبِ الْمُوجَبِ ــ أَىْ أَنَّهُ يُعْتَبَرُ مِصْعَدًا ــ وَيُوصَّلُ الشَّمْعِدَانُ بِالْقُطْبِ السَّالِبِ ــ أَىْ أَنَّهُ مِهْبَطٌ . وَيُمَرَّرُ تَيَّارٌ كَهْرَبِىٌّ مُنْخَفِضُ الْجُهْدِ فِى الدَّائِرَةِ ، فَتَفْقِدُ ذَرَّاتُ الْفِضَّةِ فِى لَوْحِ الْفِضَّةِ بَعْضَ إِلِكْتُرُونَاتِهَا ، وَتَسْرِى فِى مَحْلُولِ سِيَانِيد الْبُوتَاسْيُوم وَالْفِضَّةِ ، وَتُصْبِحُ أَيُونَاتِ فِضَّةٍ مُوجَبَةً (Ag^+). وَتَنْجَذِبُ هَذِهِ الْأَيُونَاتُ إِلَى الْقُطْبِ السَّالِبِ حَيْثُ تَسْتَرِدُّ إِلِكْتُرُونَاتِهَا وَتُصْبِحُ ذَرَّاتِ فِضَّةٍ تَتَرَسَّبُ عَلَى الشَّمْعِدَانِ ذَرَّةً ذَرَّةً .

وَبِالْإِضَافَةِ لِلطِّلَاءِ بِالْكَهْرَبِيَّةِ تُسْتَخْدَمُ تِقْنِيَّاتٌ أُخْرَى مِثْلُ الطِّلَاءِ بِالتَّرْسِيبِ غَيْرِ الْكَهْرَبِىِّ أَو الْجَلْفَنَةِ أَوْ رَشِّ الْمَعَادِنِ .



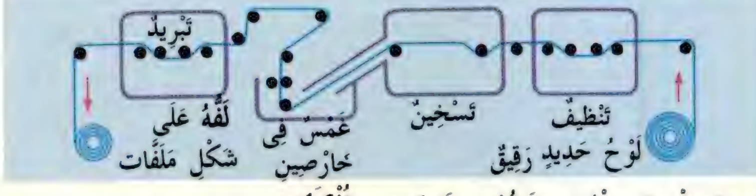


يُسْتَخْدَمُ الطِّلَاءُ بِالتَّرسِيبِ غَيْرِ الْكَهْرَبِىّ عِنْدَ التَّعَامُلِ مَعَ السُّطُوحِ الْعَازِلَةِ مِثْلِ اللَّوْحَةِ الْبِلَاسْتِيكِيَّةِ لِلدَّائِرَةِ الْكَهْرَبِيَّةِ (أَعْلَى). فَيُغَطَّى السَّطْحُ بِمِلْحِ الْفِلِزِّ الْمُرَادِ الطِّلَاءُ بِهِ ، ثُمَّ يُعَامَلُ بِكِيمَاوِيَّاتٍ تَخْتَزِلُ أَيُونَاتِ الْفِلِزِّ إِلَى ذَرَّاتٍ .



طُرُقُ طِلَاءٍ أُخْرَى

الجَلْفَنَةُ هِىَ الطِّلَاءُ بِالْخَارْصِين (أعلى) .



وَتَتِمُّ بِغَمْرِ الْجِسْمِ الْمُرَادِ طِلَاؤُهُ ـــ لَوْحٌ رَقِيقٌ مَلْفُوفٌ مِن الْحَدِيدِ أو الصُّلْبِ ـــ وَيُنَظَّفُ الْحَدِيدُ أَوَّلًا ، ثُمَّ يُسَخَّنُ ، وَيُغْمَسُ فِى حَمَّامِ خَارْصِين مَصْهُورٍ مُدَّةً طَوِيلَةً حَتَّى تَلْتَصِقَ عَلَيْهِ طَبَقَةٌ مِن الْخَارْصِين .

وَيَتِمُّ رَشُّ الْفِلِزَّاتِ بِصَهْرِ سِلْكٍ رَفِيعٍ أَوْ مَسْحُوقِ فِلِزِّ الطِّلَاءِ بِلَهَبٍ غَازِىٍّ ثُمَّ رَشِّ فَقَاقِيعِ الْمَعْدِنِ الدَّقِيقَةِ عَلَى السَّطْحِ الْمَطْلُوبِ بِاسْتِخْدَامِ الْهَوَاءِ الْمَضْغُوطِ .



كِيمْيَاءُ الطِّلَاءِ بِالْكَهْرَبِيَّةِ

بِإِمْرَارِ تَيَّارٍ كَهْرَبِىٍّ خِلَالَ الْقُطْبِ الْمُوجَبِ عِنْدَ لَوْحِ الْفِضَّةِ ، تَفْقِدُ ذَرَّاتُ الفِضَّةِ إِلِكْتْرُونَاتٍ وَتَتَّحِدُ مَعَ مَحْلُولِ سِيَانِيدِ الْبُوتَاسْيُوم وَالْفِضَّةِ وَتُصْبِحُ أَيُونَاتِ فِضَّةٍ مُوجَبَةً ، تَنْجَذِبُ إِلَى الْمِهْبَطِ حَيْثُ تَكْتَسِبُ إِلِكْتْرُونَاتٍ وَتَتَرَسَّبُ ذَرَّاتُ الْفِضَّةِ عَلَى الشَّمْعِدَانِ .

مَا هُوَ الْمَطَرُ الْحِمْضِىُّ ؟

يَتَكَوَّنُ الْمَطَرُ الْحِمْضِىُّ عِنْدَمَا يَتَّحِدُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَبْرِيتِ وَأَكَاسِيدُ النَّيْتْرُوجِين الْمَوْجُودَةُ فِى الْجَوِّ مَعَ الْمَاءِ مُكَوِّنَةً حِمْضَىْ الْكَبْرِيتِيك وَالنَّيْتْرِيك اللَّذَيْنِ يَنْزِلَانِ مَعَ الْمَطَرِ عَلَى الْأَرْضِ أَو الْأَنْهَارِ . وَرَغْمَ أَنَّ مِيَاهَ الْأَمْطَارِ لَا تَحْتَوِى إِلَّا قَدْرًا ضَئِيلًا مِنْ هَذَيْنِ الْحِمْضَيْنِ ، إِلَّا أَنَّهَا تَتَجَمَّعُ وَتُسَمِّمُ الْأَرْضَ . وَالْفَحْمُ وَالبِتْرُول بِهِمَا كَبْرِيتٌ ، وَعِنْدَ احْتِرَاقِهَا تَتَّحِدُ بِالْأُكْسُجِينِ لِيَنْتُجَ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَبْرِيتِ . وَيَمْلَأُ سَمَاءَ الْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ وَحْدَهَا حَوَالَى ٤٠ مِلْيُونَ طِنٍّ مِنْ أَكَاسِيدِ النَّيْتْرُوجِين وَالْكَبْرِيتِ سَنَوِيًّا . وَلِمُعَادَلَةِ الْأَحْمَاضِ يَسْتَخْدِمُ الْعُلَمَاءُ الْقَلَوِيَّاتِ مِثْلَ رَمَادِ الْفَحْمِ الْمُتَخَلِّفِ عَنِ الْفَحْمِ الْمُحْتَرِقِ لِمُعَالَجَةِ الْأَرْضِ وَالْمَاءِ . وَلَا تَنْتُجُ بِيئَةٌ صِحِّيَّةٌ إِلَّا بِاتِّزَانٍ بَيْنَ الْأَحْمَاضِ وَالْقَلَوِيَّاتِ .



تُرْبَةٌ حِمْضِيَّة

● عِنْدَمَا تَتَجَمَّعُ أَحْمَاضُ الْمَطَرِ الْحِمْضِىِّ فِى التُّرْبَةِ ، تُحْدِثُ تَفَاعُلَاتٍ كِيمْيَائِيَّةً ضَارَّةً . وَبَعْضُهَا يُهْلِكُ الْمَوَادَّ الْغِذَائِيَّةَ اللَّازِمَةَ لِلنَّبَاتِ مِن التُّرْبَةِ . وَبَعْضُهَا يُحَرِّرُ مُرَكَّبَاتٍ سَامَّةً ــ كَانَتْ مَحْجُوزَةً بَيْنَ دَقَائِقِ التُّرْبَةِ ــ قَدْ تَضُرُّ النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَاةَ الْبَرِّيَّةَ .



مُعَادَلَةُ الْمَطَرِ الْحِمْضِيِّ

رَشُّ مَوَادَّ قَلَوِيَّةٍ عَلَى الْمِسَاحَاتِ الْمُصَابَةِ ، هُوَ أَحَدُ طُرُقِ مُوَاجَهَةِ الآثَارِ الضَّارَّةِ لِلْمَطَرِ الْحِمْضِيِّ . وَرَمَادُ الْفَحْمِ قَلَوِيٌّ وَيُمْكِنُهُ مُؤَقَّتًا مُعَادَلَةُ الأَحْمَاضِ الزَّائِدَةِ فِي الْبُحَيْرَاتِ وَالتُّرْبَةِ .

• نَبَاتَاتٌ تَالِفَةٌ

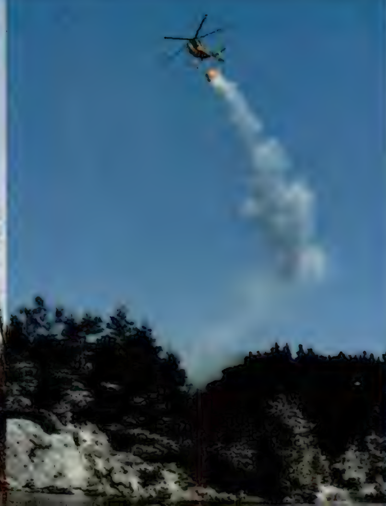
النَّبَاتَاتُ عُرْضَةٌ لِلتَّلَفِ بِالْمَطَرِ الْحِمْضِيِّ . فَالأَحْمَاضُ تَحْرِقُ الأَوْرَاقَ ، وَتُصَفِّي الْمَوَادَّ الْغِذَائِيَّةَ مُبَاشَرَةً مِنَ النَّبَاتَاتِ . وَعِنْدَمَا تَسْقُطُ عَلَيْهَا الأَحْمَاضُ ، فَإِنَّ النَّبَاتَاتِ تَمْتَصُّ قَلَوِيَّاتٍ مِنَ التُّرْبَةِ لِتُعَادِلَ الأَحْمَاضَ الضَّارَّةَ . وَهَذَا يَجْعَلُ التُّرْبَةَ تَحْتَ النَّبَاتِ أَكْثَرَ حِمْضِيَّةً وَيَزِيدُ مِنْ تَعَرُّضِ النَّبَاتِ لِلضَّرَرِ .



• حِمْضِيّ ، مُتَعَادِل ، وَقَلَوِيّ

الْمَاءُ النَّقِيُّ مُتَعَادِلٌ . وَالْمُرَكَّبَاتُ الْحِمْضِيَّةُ تُحَرِّرُ أَيُونَاتِ الْهَيْدْرُوجِين ، أَمَّا الْمُرَكَّبَاتُ الْقَلَوِيَّةُ فَتُحَرِّرُ أَيُونَاتِ الْهَيْدْرُوكْسِيل . وَبِاتِّحَادِ أَيُونَيِ الْهَيْدْرُوجِين وَالْهَيْدْرُوكْسِيل يَنْتُجُ مَاءٌ . وَهَكَذَا ، فَإِنَّ إِضَافَةَ مَادَّةٍ قَلَوِيَّةٍ كَافِيَةٍ يُعَادِلُ الْحِمْضَ الزَّائِدَ ، فَتَعُودُ التُّرْبَةُ أَوِ الْمَاءُ مُتَعَادِلَةً تَقْرِيبًا .





الرَّش لِمُعَادَلَةِ الأَحْمَاضِ يَحْفَظُ الْغَابَةَ حَيَّةً .

لِمَاذَا تَحْتَرِقُ الأَشْيَاءُ ؟

إِذَا تُرِكَتْ كَوْمَةٌ مِن الْفَحْمِ وَحْدَهَا مَلَايِينَ السِّنِينَ ، فَإِنَّهَا لَا تَتَغَيَّرُ . وَلَكِنْ بِمُجَرَّدِ وَضْعِ قِطْعَةِ فَحْمٍ فِي نَارٍ ، فَإِنَّهَا تَنْشَطُ وَتَبْدَأُ الاحْتِرَاقَ . وَيَتَفَاعَلُ الْأُكْسُجِين مَعَ جُزَيْئَاتِ الْفَحْمِ وَالْمَوَادِّ الْأُخْرَى فِي الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ لِلَّهَبِ ، وَيَكْسِرُ الرَّوَابِطَ الْكِيمْيَائِيَّةَ الَّتِي تَرْبِطُ هَذِهِ الْجُزَيْئَاتِ مَعًا . وَالطَّاقَةُ الْمَخْزُونَةُ فِي هَذِهِ الرَّوَابِطِ تُنْتِجُ حَرَارَةً وَضَوْءًا لِلَّهَبِ . وَتُسَمَّى هَذِهِ التَّفَاعُلَاتُ الْكِيمْيَائِيَّةُ بِالْاحْتِرَاقِ . وَتَحْدُثُ بِسُرْعَةٍ وَتُحَرِّرُ حَرَارَةً كَثِيرَةً وَلِذَلِكَ تَزْدَادُ سُخُونَةُ الْمَادَّةِ الْمُحْتَرِقَةِ بِاسْتِمْرَارِ الاحْتِرَاقِ ، وَعِنْدَمَا تُسْتَنْفَدُ كُلُّ الطَّاقَةِ الْعَالِيَةِ لِلجُزَيْئَاتِ ، تَنْطَفِئُ النَّارُ .

التَّمْثِيلُ الضَّوْئِيُّ وَالْاحْتِرَاقُ



تَخْزِينُ الطَّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ

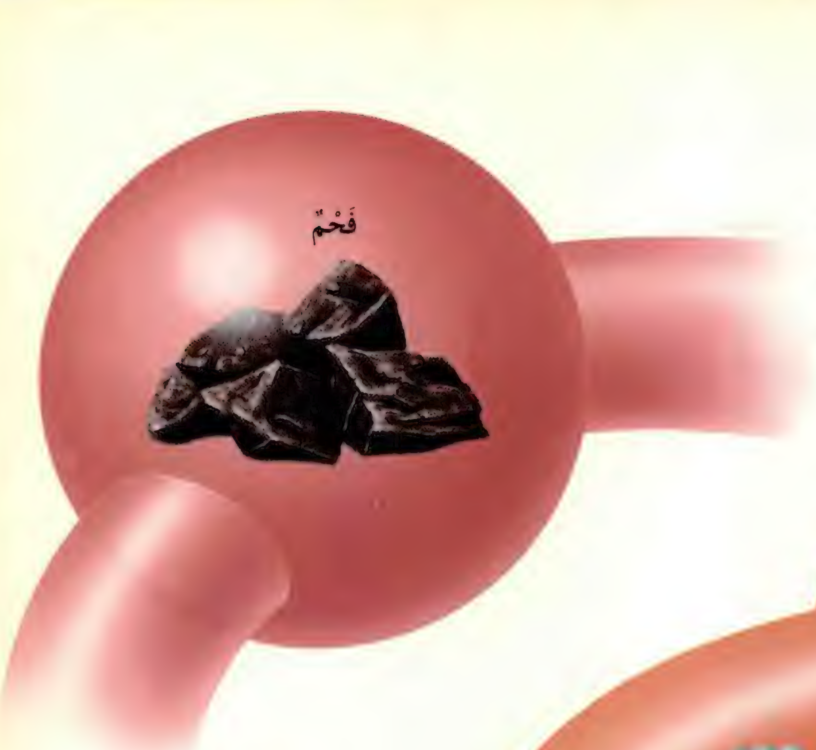
تَسْتَخْدِمُ النَّبَاتَاتُ طَاقَةَ الشَّمْسِ لِتُحَوِّلَ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَالْمَاءِ إِلَى جُلُوكُوز . وَالرَّوَابِطُ الْكِيمْيَائِيَّةُ فِي الْجُلُوكُوزِ تُمَثِّلُ الطَّاقَةَ الشَّمْسِيَّةَ الْمَخْزُونَةَ . وَتُكَوِّنُ النَّبَاتَاتُ جُزَيْئَاتِ السِّلِيلُوز الْكَبِيرَةِ بِرَبْطِ مِئَاتِ جُزَيْئَاتِ الْجُلُوكُوز مَعًا .

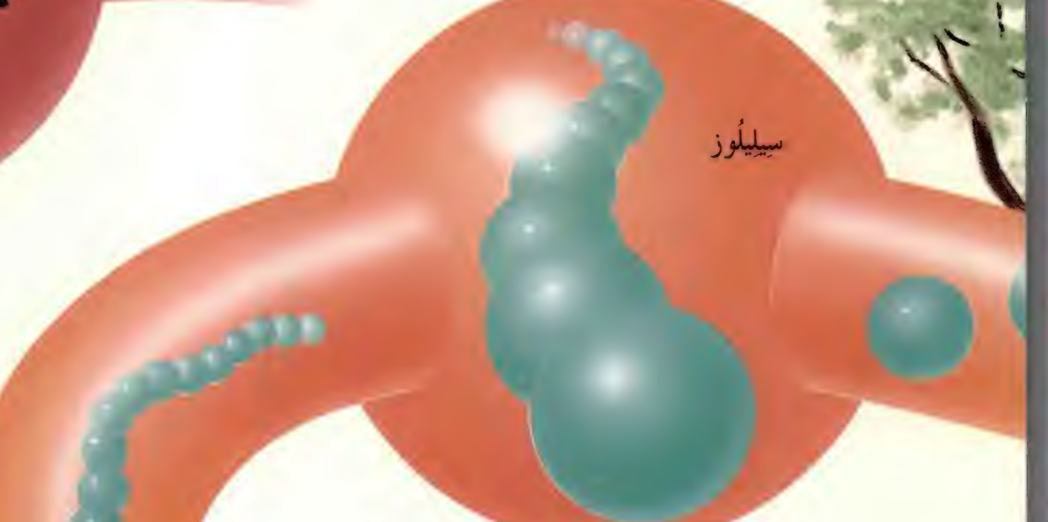
مُرَكَّبَاتٌ مُسْتَقِرَّةٌ مُنْخَفِضَةُ الطَّاقَةِ

جُزَيْئَاتُ الْمَاءِ وَثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ مُسْتَقِرَّةٌ ، وَهِيَ مُرَكَّبَاتٌ مُنْخَفِضَةُ الطَّاقَةِ . وَيُخْزَنُ فِي رَوَابِطِهَا بَيْنَ الْجُزَيْئِيَّةِ طَاقَةٌ أَقَلُّ مِن اللَّازِمَةِ لِتَكْسِيرِهَا .

مُرَكَّبَاتٌ مُسْتَقِرَّةٌ عَالِيَةُ الطَّاقَةِ

الْفَحْمُ (يسار) مَادَّةٌ أَحْفُورِيَّةٌ نَبَاتِيَّةٌ . وَالْحَرَارَةُ مِنْ جَـوْفِ الْأَرْضِ وَالضَّغْطُ يُحَوِّلَانِ جُزَيْئَاتِ سِيلِيلُوز الْخَشَبِ عَالِيَةِ الطَّاقَةِ (أسفل) إِلَى جُزَيْئَاتٍ بِهَا طَاقَةٌ أَعْلَى .







زِيَادَةُ الطَّاقَةِ

لَا تَشْتَعِلُ كَوْمَةُ الْخَشَبِ وَحْدَهَا ، لِأَنَّ جُزَيْئَاتِ السِّيلِيلُوز مُسْتَقِرَّةٌ عِنْدَ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ الْعَادِيَّةِ . وَلَكِنْ عِنْدَ إِلْقَائِهَا فِي نَارٍ أَوْ عِنْدَمَا يُصِيبُهَا الْبَرْقُ ، فَإِنَّ الْخَشَبَ يَحْصُلُ عَلَى طَاقَةِ التَّنْشِيطِ الْكَافِيَةِ لِبَدْءِ التَّفَاعُلِ . فَتَتَّحِدُ الْجُزَيْئَاتُ مَعَ الْأُكْسُجِين وَتَحْتَرِقُ .

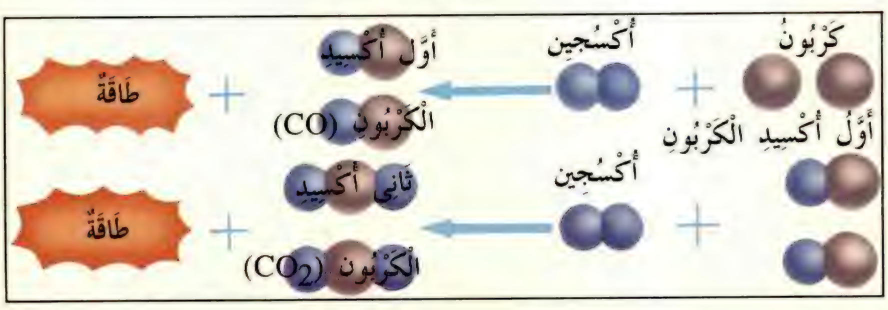


احْتِرَاقٌ يُوَلِّدُ طَاقَةً

عِنْدَ احْتِرَاقِ الْخَشَبِ وَالْمَوَادِّ الْأُخْرَى ، تَنْتُجُ طَاقَةٌ كَثِيرَةٌ فِي صُورَةِ حَرَارَةٍ وَضَوْءٍ ، وَذَلِكَ بِوَاسِطَةِ الْإِلِكْتْرُونَاتِ فِي جُزَيْئَاتِ كُلِّ مَـادَّةٍ . فَالْإِلِكْتْرُونَاتُ عِنْدَمَا تُغَيِّرُ مَوْضِعَهَا أَثْنَاءَ تَكْسِيرِ وَإِعَادَةِ تَشْكِيلِ الرَّوَابِطِ الْكِيمْيَائِيَّةِ ، تُحَرِّرُ حَرَارَةً وَضَوْءًا .

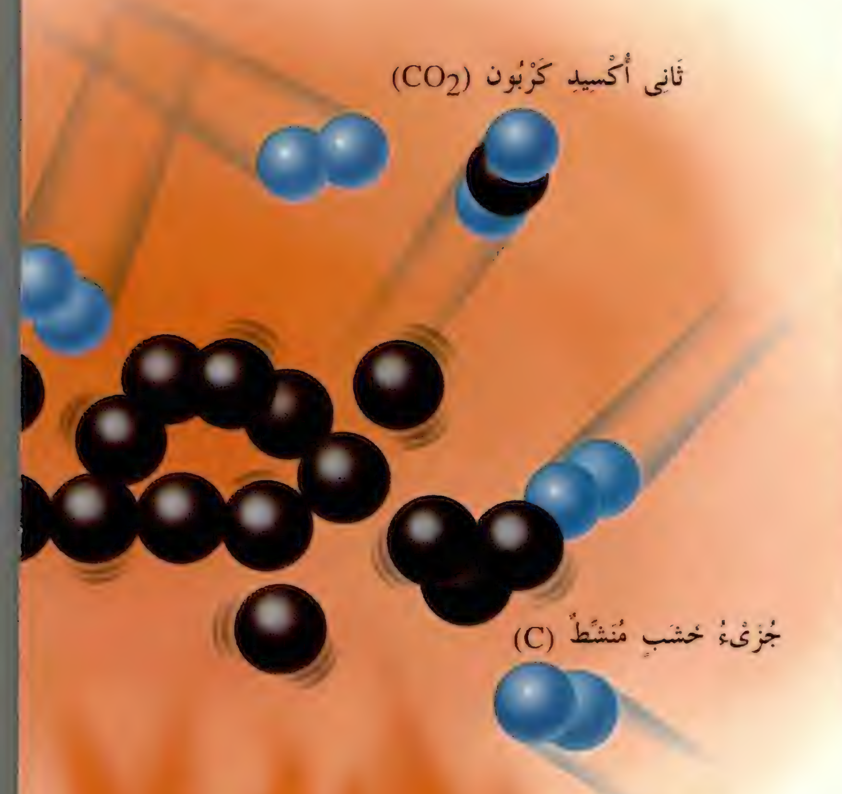
إِضَافَةُ الْأُكْسُجِين

إِذَا تَوَافَرَ قَدْرٌ قَلِيلٌ مِنَ الْأُكْسُجِين (يسار) فَـإِنَّ احْتِرَاقَ الْكَرْبُون يُنْتِجُ أَوَّلَ أُكْسِيدِ الْكَرْبُون . وَإِذَا كَانَ الْأُكْسُجِين وَفِيرًا يَتَفَاعَلُ أَوَّلُ أُكْسِيدِ الْكَرْبُون لِيُكَوِّنَ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُون .



كَيْفَ يُطْفِئُ الْمَاءُ النَّارَ ؟

يَلْزَمُ لاسْتِمْرَارِ اشْتِعَالِ النَّارِ ثَلَاثَةُ عَوَامِلَ هِى : تَوَافُرُ الْأُكْسُجِين ، وَمَادَّةٌ قَابِلَةٌ لِلاحْتِرَاقِ ، وَحَرَارَةٌ كَافِيَةٌ لِحُدُوثِ الاحْتِرَاقِ . وَتَنْطَفِئُ النَّارُ إِذَا نَقَصَ أَحَدُ هَذِهِ الْعَوَامِلِ . وَالْمَاءُ يُطْفِئُ النَّارَ لِأَنَّهُ يُقَلِّلُ الْحَرَارَةَ فِى الْمَادَّةِ الْمُحْتَرِقَةِ . وَتَتَحَوَّلُ أَوَّلُ رَشَّةِ مَاءٍ تُلَامِسُ الْمَادَّةَ الْمُحْتَرِقَةَ إِلَى بُخَارٍ يَبْتَعِدُ عَنِ النَّارِ حَامِلًا مَعَهُ جُزْءًا مِن طَاقَةِ الاحتِرَاقِ . وَيَسْتَمِرُّ ذَلِكَ مَعَ دُفْعَاتِ الْمَاءِ التَّالِيَةِ . وَتَدْرِيجِيًّا تَنْخَفِضُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ إِلَى أَقَلَّ مِنْ نُقْطَةِ الاحتِرَاقِ الَّتِى تَحْدُثُ عِنْدَهَا تَفَاعُلَاتُ الاحتِرَاقِ ، فَتَنْطَفِئُ النَّارُ . وَتَحْتَوِى مُعْظَمُ طَفَّايَاتِ الْحَرِيقِ عَلَى ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ أَوْ رِغْوَةٍ بَدَلًا مِنَ الْمَاءِ . وَهَذِهِ تُطْفِئُ النَّارَ بِمَنْعِ وُصُولِ الْأُكْسُجِين إِلَى الْمَادَّةِ الْمُحْتَرِقَةِ ، وَتُسَاعِدُ أَيْضًا فِى خَفْضِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ .



إِطْفَاءُ حَرِيقٍ



بَدْءُ الاحْتِرَاقِ
يَتَكَوَّنُ الْخَشَبُ مِن سِيلِيلُوز وَمَوَادَّ أُخْرَى تَحْتَرِقُ . وَلَا يَشْتَعِلُ الْخَشَبُ إِلَّا إِذَا حَدَثَتْ لَهُ عَمَلِيَّةُ تَنْشِيطٍ بِتَسْخِينِهِ لِإِثَارَةِ تَفَاعُلَاتِ الاحْتِرَاقِ بَيْنَ السِّيلِيلُوز وَالْأُكْسُجِين .

بَدَايَةُ حَرِيق
بِحُدُوثِ التَّنْشِيطِ يَبْدَأُ الاحْتِرَاقُ ، وَتَرْتَفِعُ دَرَجَةُ حَرَارَةِ الْخَشَبِ وَالْهَوَاءِ الْمُحِيطِ بِهِ بِسُرْعَةٍ . وَالْحَرَارَةُ الْمُتَزَايِدَةُ تَزِيدُ سُرْعَةَ الاحْتِرَاقِ ، وَتَزْدَادُ النِّيرَانُ كَثَافَةً .

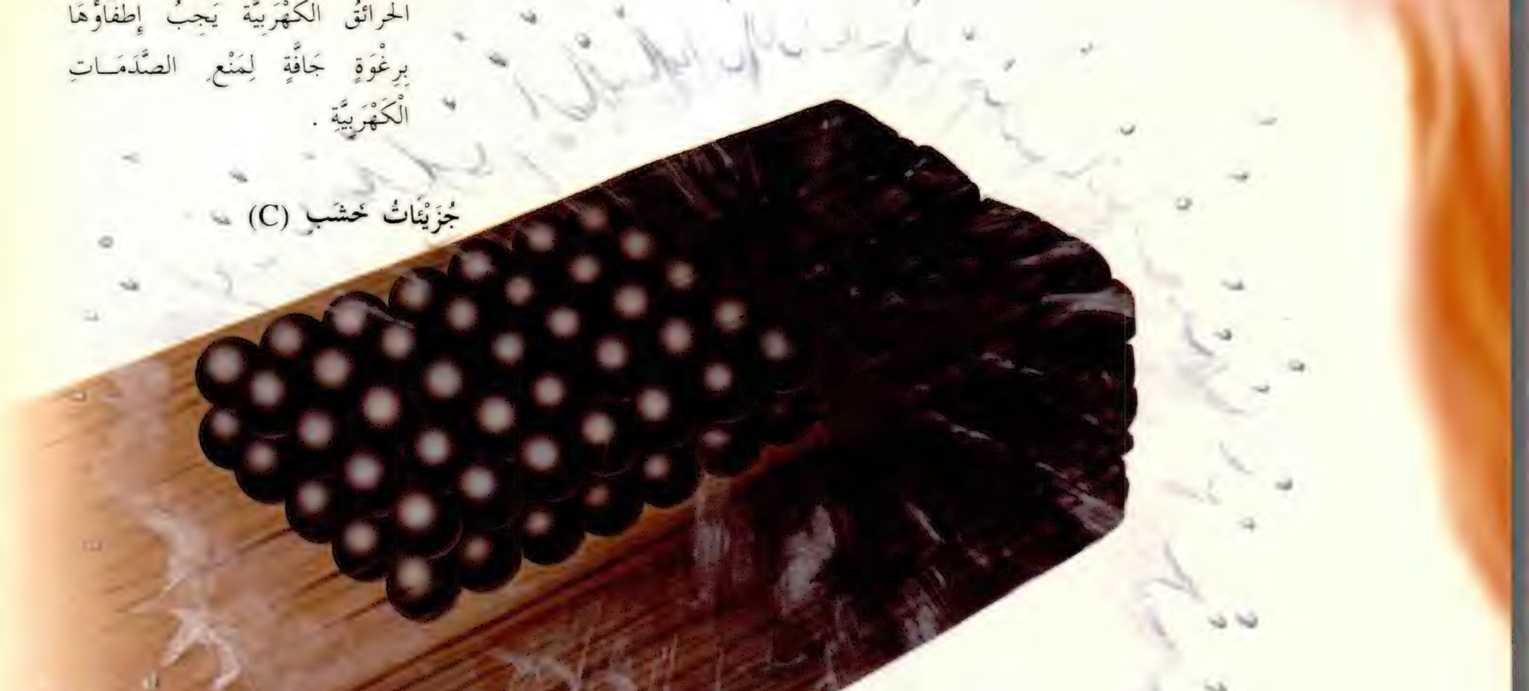
إطْفَاءُ حَرِيقٍ بِرغْوَةٍ

رِغْوَةٌ مِنْ طَفَّايَةِ حَرِيقٍ يُغَطِّي قِطْعَةَ خَشَبٍ مُشْتَعِلَةً . وَطَبَقَةُ الرِّغْوَةِ تَمْنَعُ الأُكْسُجِين من الْوصُول إِلَى مَوْضعِ الاحْتِراقِ . وَسَرْعَانَ مَا تَتَنَاقَصُ كَمِّيَّةُ الأُكْسُجِين ، وَيَنْطَفِئُ الحَرِيقُ .





الحرائِقُ الْكَهْرَبِيَّةُ يَجِبُ إِطْفَاؤُهَا بِرِغْوَةٍ جَافَّةٍ لِمَنْعِ الصَّدَمَاتِ الْكَهْرَبِيَّة .



إِشْبَاعُ حَرِيقٍ بِالْمِيَاهِ

الْمَاءُ الْمَصْبُوبُ عَلَى لَوْحِ خشَبٍ مُشْتَعِلٍ ، يُخَفِّضُ الْحَرَارَةَ بِسُرْعَةٍ فِى أَمَاكِنِ الاحْتِراقِ . فَتَنْخَفِضُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ تَحْتَ نُقْطَةِ التَّنْشِيطِ الَّتِى يَحْدُثُ عِنْدَهَا الاحْتِرَاقُ .

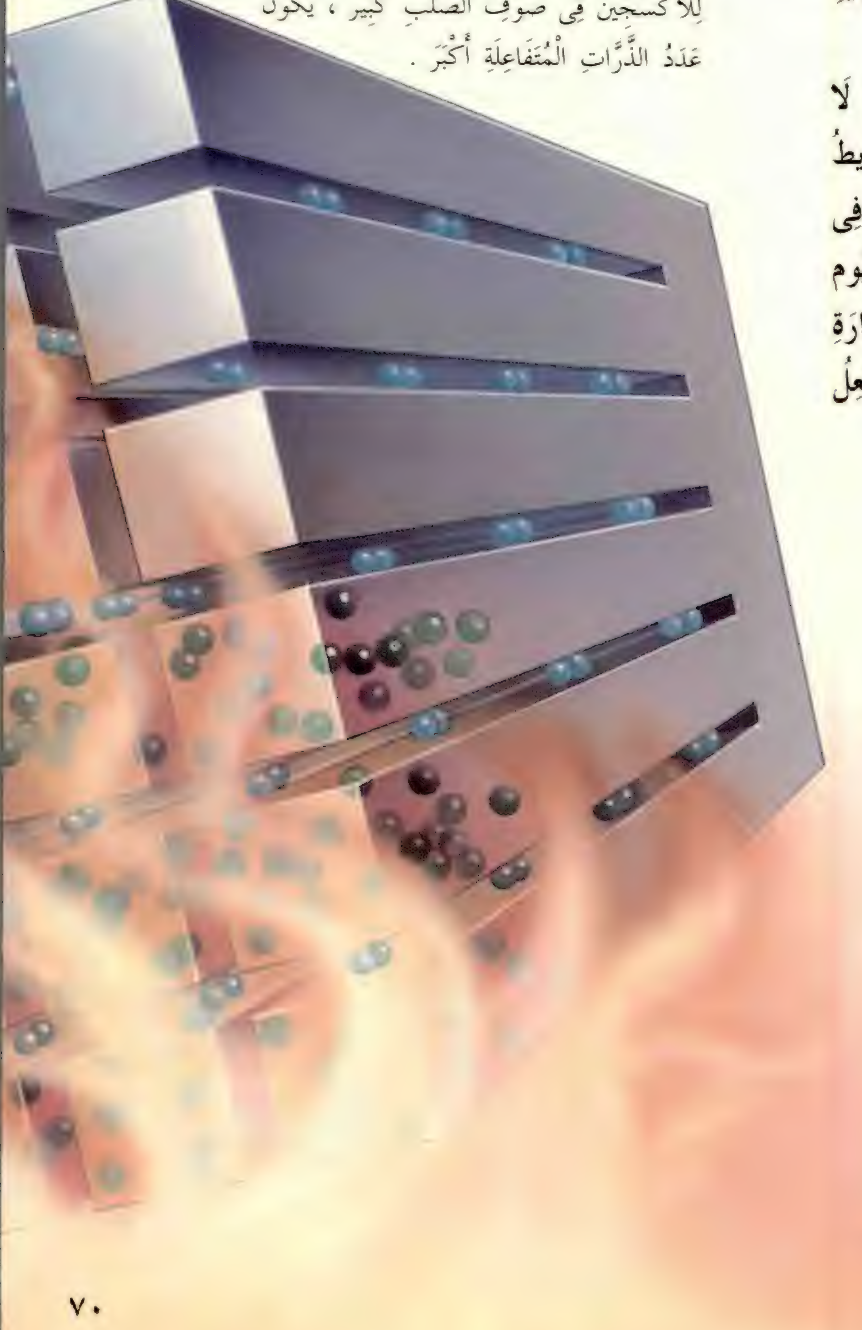


قَارِبٌ يَرُشُّ المياه عَلَى حَرِيقٍ .

إذَا كَانَ صُوفُ الصُّلْبِ يحْتَرِقُ ، فَلمَاذَا لا تحْتَرِق كُتْلَةٌ من الصُّلْب ؟

لَيسَت الْمَوَادُّ الْعُضْوِيَّةُ كَالخشَبِ وَالْفَحْمِ هِى فقط الَّتى تَحْتَرِقُ . فَالْفِلزَّاتُ أَيْضًا ، قَدْ تَحْتَرِقُ فِى وُجُودِ الْحَرَارَةِ وَالْأُكْسُجِينِ . وَفِى مُعْظَمِ الْحالاتِ تَحْتَرِقُ الْفِلِزَّاتُ فَقط وَهِى عَلَى شَكْلٍ مُعَيَّنٍ ، فَكُتْلَةُ حَدِيدٍ أَوْ صُلْبٍ فَوْقَ لَهَبٍ لَا تَحْتَرِقُ ، وَلَكِنَّ قِطْعَةً مِن الصُّوفِ الصُّلْبِ تَشْتَعِلُ بِسُرْعَةٍ . وَرَغْمَ تَشَابُهِ الْمَادَّةِ الْكِيمْيَائِيَّةِ فِيهِمَا ، إلّا أَنَّ الحديدَ فِى صُوفِ الصُّلْبِ مُحَاطٌ بِأُكْسُجِين أَكْثَرَ وَيَسْخُنُ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ مِن كُتْلةِ الْحَدِيدِ . وَخُيُوطُ الْحَدِيدِ فِى صُوفِ الصُّلْبِ تَسْمَحُ لِعَدَدٍ كَبِيرٍ مِن ذَرَّاتِ الْحَدِيدِ الْمُنشَّطَةِ أَنْ تُلامِسَ ذَرَّاتِ الْأُكسُجِينِ الْمُنَشَّطَةِ ، فَتَزْدَادُ فُرْصَةُ الْمادَّةِ لِلاحْتِراقِ عَنْهَا بِالنِّسْبَةِ لِذَرَّاتِ الْحَدِيدِ المضْغُوطَةِ عَلَى بَعْضِهَا فِى كُتْلَةِ الْحَدِيدِ .

وَبَاقِى الْفِلزَّاتِ تُشَابِهُهُ فِى هَذَا . فَكُتْلَةُ الْمَاغْنسْيُوم لَا تَحْتَرِقُ إلَّا إذَا سُخِّنَتْ مُدَّةً طَوِيلَةً ، وَلَكِنْ شَرِيطُ مَاغْنِسْيُوم يَحْتَرِقُ فِى ضَوْءٍ خَاطِفٍ عَنِيفٍ يَجْعَلُهُ مُفِيدًا فِى الْمَصَابِيحِ الْوَمْضِيَّةِ . وَبِالْمِثْلِ فَإِنَّ لَفَّاتِ الْأَلُومُونيُوم تُسْتَخْدَمُ لِلَفِّ الْغِذَاءِ ، لِأَنَّهَا تَتَحَمَّلُ دَرَجاتِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ فِى الْأَفْرَانِ ، وَلَكِنَّ مَسْحُوقَ الْأَلُومُونْيُوم يَشْتَعِلُ بِانْفِجَارٍ وَهُوَ وَقُودٌ صَارُوخِيٌّ جَيِّدٌ . حَتَّى الْمَوَادُّ الَّتِى تَحْتَرِقُ عَادَةً بِبُطْءٍ ، سَتَشْتَعِلُ بِقُوَّةٍ انْفِجَارِيَّةٍ إذَا كَانَتْ فِى شَكْلٍ ذِى مِسَاحَةِ سَطْحٍ كَبِيرٍ . وَتُرَابُ الْفَحْمِ يَحْتَرِقُ لَحْظِيًّا ، فَدَقَائِقُهُ قُوَّةُ انْفِجَارِهَا شَدِيدَةٌ لِدَرَجَةِ أَنَّ شَرَارَةً وَاحِدَةً فِى مِصْعَدٍ مَمْلُوءٍ بِدَقَائِقِ التُّرَابِ ، تُؤَدِّى إلَى كَارِثَةٍ .



ذَرَّاتُ حَدِيدٍ مُنَشَّطَةٌ

الموادُّ ذَاتُ مِسَاحَةِ سَطْحٍ كَبِيرٍ مِثْلُ صُوفِ الصُّلْبِ (أسفل) تَحْتَرِقُ ، بِعَكْسِ كُتْلَةٍ مِن الْحَدِيدِ (أسفل) لِأَنَّ السَّطْحَ الْمُعَـرَّضَ لِلأُكْسُجِين فِى صُوفِ الصُّلْبِ كَبِيرٌ ، يَكُونُ عَدَدُ الذَّرَّاتِ الْمُتَفَاعِلَةِ أَكْبَرَ .

احْتِراقُ صُوفِ الصُّلْبِ

التَّرْكِيبُ الْمشَابِهُ لِلخُيُوطِ لِصُوفِ الصُّلْبِ يُعَرِّضُ ذَرَّاتٍ أَكْثَرَ مِن الحدِيدِ لِتُلامِسَ ذَرَّاتِ الأُكْسُجِين (أسفل) ، وَهَذَا يُسَاعِدُ الاحْتِرَاقَ لِأَنَّ الأُكْسُجِين يَتَخَلَّلُ خُيُوطَ الْحَدِيدِ .



صُوفُ صُلْبٍ يَحْتَرِقُ فِى لَهَبِ مِصْبَاحٍ كُحُولِىٍّ

شَرَائِطُ وَكُتَلٌ

كُتْلَةُ الْمَاغْنِسْيُوم لَاتَحْتَرِق ، ولَكِنْ شَرَائِطُهُ أَوْ مَسْحُوقُه — كَمَا فِي الْمِصْبَاحِ الْوَمْضِيِّ — يَحْتَرِقُ عِنْدَ ٦٥٠°م .

كُتَل وَمَسْحُوقُ الْأَلُومُونْيُوم

يَحْتَرِقُ مَسْحُوقُ الْأَلُومُونْيُوم بِسُرْعَةٍ كَمَا لَوْكَانَ يَنْفَجِرُ . وَكُتْلَةُ الْأَلُومُونْيُوم لَا تَحْتَرِقُ بِسُهُولَةٍ لِتَفَاعُلِهَا الْبَطِيءِ مَعَ الْأُكْسُجِين .



كُتْلَةُ مَاغْنِسْيُوم



مِصْبَاحٌ وَمْضِيٌّ مَاغْنِسْيُومِيٌّ



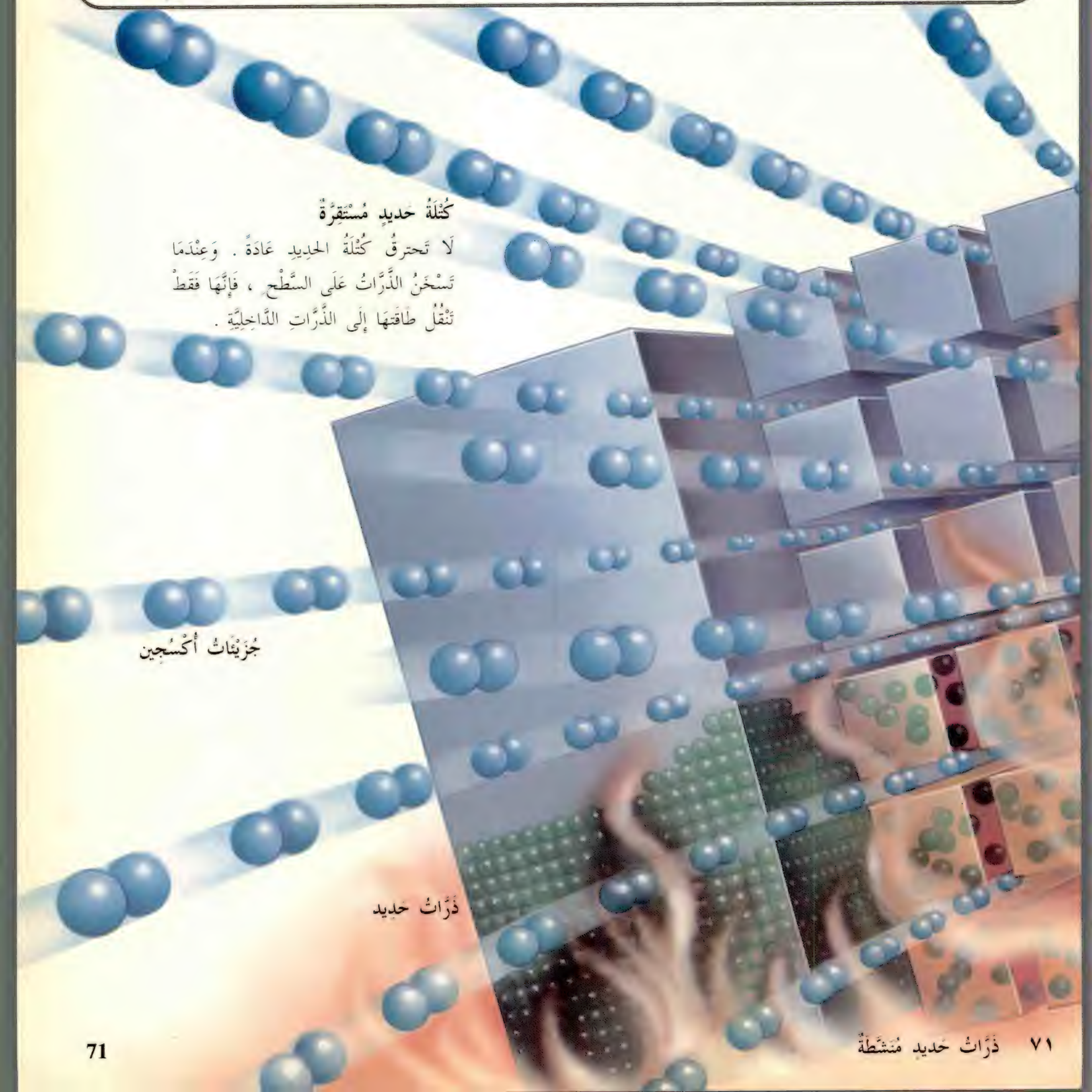
كُتْلَةُ أَلُومُونْيُوم



مَسْحُوقُ الْأَلُومُونْيُوم يُعْطِي الْقُوَّةَ لِمَكُّوكِ الْفَضَاءِ .

كُتْلَةُ حَدِيدٍ مُسْتَقِرَّةٌ

لَا تَحترِقُ كُتْلَةُ الحَدِيدِ عَادَةً . وَعِنْدَمَا تَسْخَنُ الذَّرَّاتُ عَلَى السَّطْحِ ، فَإِنَّهَا فَقَطْ تَنْقُلُ طَاقَتَهَا إِلَى الذَّرَّاتِ الدَّاخِلِيَّةِ .

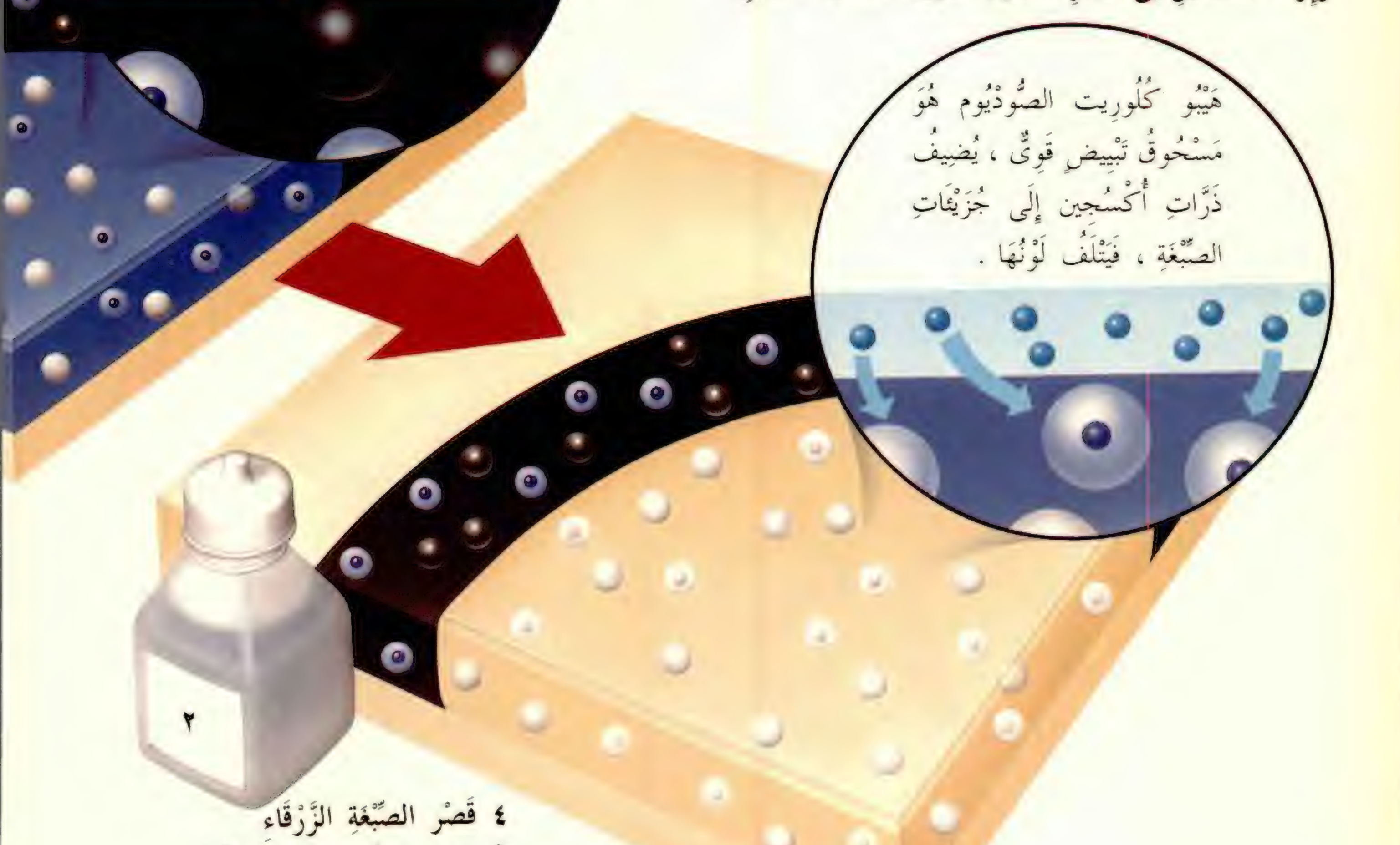


كَيْفَ يَعْمَلُ مُزِيلُ الْحِبْرِ ؟

مُنْذُ أن استَعْمَل النَّاسُ الْحِبرَ لِلْكِتَابَةِ ، وَهُم يَصْنعُونَ أَخْطاءً يَرْغَبُونَ فِى إزَالَتِهَا . وَأَحَدُ الْمُزِيلاتِ يَفْرُكُ الحِبرَ مِن الْوَرَقَةِ ، وَمُزِيلٌ آخَرُ لَا يَمْسَحُ الْخطَأَ وَلَكنّه يَجْعَلُهُ غَيْرَ مَرْئِىٍّ بِتَفَاعُلٍ كِيميَائِىٍّ مَعَ مَادَّةِ الْمُزِيلِ . وَيُسْتَخْدَمُ الْحِبْرُ الأَسْوَدُ الْمُزَرَّقُ فِى مُعْظَمِ أَقْلامِ الْحِبْرِ الْيوم . وَالصِّبْغَةُ السَّوْدَاءُ هِى مُرَكَّبُ تانَاتِ الْحَدِيدُوز أَو الْوَرَمُ الْمَعْدِنِىُّ . وَكَانَ التَّانِينُ يُشْتَقُّ أَصْلًا مِن الأَوْرَامِ الَّتِى تَتَكَوَّنُ عَلَى النَّبَاتَاتِ بِوَاسِطَةِ الْحَشَرَاتِ ثُمَّ يَتَّحِدُ مَعَ أَمْلاحِ الْحَدِيدِ . وَلكِنَّهُ الْيَوْمَ يُحَضَّرُ فِى الْمَعْمَلِ . وَتَانَاتُ الْحَدِيدُوز السَّوْدَاءُ بِازْرِقَاقٍ وَلَا تَذُوبُ فِى الْمَاءِ وَحَيْثُ إِنَّهُ مِن الصَّعْبِ الْكِتَابَةُ بِحِبْرٍ عَدِيمِ اللَّوْنِ ، فَإِنَّ حِبرَ الأَقْلامِ الحدِيثَةِ بِهِ صِبْغَةٌ زَرْقَاءُ تُظْهِرُ الكِتَابَةَ قَبْلَ أَنْ تَتْرُكَ تانَاتُ الْحَدِيدِيك أَثَرًا مُسْتَدِيمًا .

وَإِزَالَةُ الصِّبْغَتَيْنِ فِى الْحِبرِ الأَسْوَدِ الْمُزَرَّقِ يَتَطَلَّبُ تَفَاعُلَيْنِ مُنْفَصِلَيْنِ . فِى الأَوَّلِ ، يَتَفَاعَلُ حِمْضُ الأُكْسَالِيكِ — وَهُوَ عَامِلُ قَصْرٍ — مَعَ تَانَاتِ الْحَدِيدِيكِ وَيُخْتَزَلُ الأُكْسُجِينُ فِى الْمَخْلُوطِ فَتَتَكَوَّنُ تَانَاتُ الْحَدِيدُوز عَدِيمَةُ اللَّوْنِ ، وَتُصْبِحُ بُقْعَةُ الْحِبْرِ بَاهِتَةَ اللَّوْنِ . وَفِى الثَّانِى ، يَقُومُ هَيْبُوكْلُوريتِ الصُّودْيُوم — وَهُوَ عَامِلُ تَبْيِيضٍ فِى مَسْحُوقِ الْغَسِيلِ — بِتَكْسِيرِ الْجُزَيْئَاتِ الَّتِى تُكَوِّنُ الْبَاقِى مِن الصِّبْغَةِ الزَّرْقَاءِ ، فَتَخْتَفِى الْبُقْعَةُ تَمَامًا .





٤ قصر الصِّبْغَةِ الزَّرْقَاء

تُقْصَرُ الصِّبْغَةُ الزَّرْقَاءُ الْمُتَبَقِّيَةُ بِمَحْلُولِ هَيْبُوكْلُورِيتِ الصُّودْيُوم ، وَتُصْبِحُ عَدِيمَةَ اللَّونِ ، فَلا تُرَى .

- ○ ثَانَاتُ حَدِيدُوز
- ● ثَانَاتُ حَدِيدِيك
- صِبْغَةٌ زَرْقَاء
- صِبْغَةٌ زَرْقَاءُ مَقْصُورَةٌ
- ذَرَّةُ أُكْسُجِين
- جُزَيْءُ أُكْسُجِين

١ صِبْغَتَان فِى الْحِبْر

الْحِبْرُ الأَسْوَدُ الْمُزَرَّقُ يَظْهَرُ أَزْرَقَ اللَّوْنِ فِى الزُّجَاجَةِ لأَنَّ الصِّبْغَةَ السَّوْدَاءَ مَازَالَتْ فِى حَالَتِهَا عَدِيمَةِ اللَّوْنِ . وَلَا يَتَوَقَّفُ لَوْنُ الصِّبْغَةِ الزَّرْقَاءِ عَلَى تَفَاعُلِهَا مَعَ الأُكْسُجِين .





٢ أَكْسَدَةُ ثَانَاتِ الْحَدِيدُوز

إِذَا وُضِعَ الْحِبْرُ عَلَى الْوَرَقَةِ ، يَتَفَاعَلُ أُكْسُجِين الْهَوَاءِ مَعَ ثَانَاتِ الْحَدِيدُوزِ عَدِيمَةِ اللَّوْنِ ، فَتَتَحَوَّلُ إِلَى ثَانَاتِ حَدِيدِيك سَوْدَاءَ تَنْتَشِرُ عَلَى الْوَرَقَةِ كَدَقَائِقَ سَوْدَاءَ ، وَيَظْهَرُ الْحِبْرُ أَسْوَدَ .

٣ اخْتِزَالُ ثَانَاتِ الْحَدِيدِيك

تَبْدَأُ إِزَالَةُ الْحِبْرِ بِقَطْرَةِ مَاءٍ بِهَا حِمْضُ أُكْسَالِيك . فَيَخْتَزِلُ الْحِمْضُ ثَانَاتِ الْحَدِيدِيكِ ثَانِيَةً إِلَى ثَانَاتِ حَدِيدُوز عَدِيمَةِ اللَّوْنِ ، وَتَخْتَفِى الدَّقَائِقُ السَّوْدَاءُ .

أَكْسَدَةٌ وَاخْتِزَال

فِى أَىِّ تَفَاعُلِ أَكْسَدَة ـــ اخْتِزَال ، يَكْتَسِبُ عَامِلُ الأَكْسَدَةِ إِلِكْتُرُونَاتٍ مِن الْمُرَكَّبِ الْمُؤَكْسَدِ ، فَيُخْتَزَلُ . بَيْنَمَا يَفْقِدُ عَامِلُ الاخْتِزَالِ إِلِكْتُرُونَاتٍ إِلَى الْمُرَكَّبِ الْمُخْتَزِلِ فَيَتَأَكْسَدُ ، وَتَتَّصِلُ الْعَمَلِيَّتَانِ مَعًا دَائِمًا ، حَيْثُ التَّأَكْسُدُ عِنْدَ الْمِصْعَدِ ، والاخْتِزَالُ عِنْدَ الْمَهْبِطِ .



لِمَاذَا يُسْتَخْدَمُ الْهِيدْرُوجِين وَقُودًا فِى الصَّوَارِيخِ ؟

عِنْدَمَا يزْأَرُ مَكُّوكُ الْفَضَاءِ فِى السَّمَاءِ ، يَكُونُ مُزَوَّدًا بِقُوَّةٍ نَاتِجَةٍ عَنْ جُزَيْئَاتٍ دَقِيقَةٍ انْدفَعَتْ مِنْ مُحَرِّكِ الصَّارُوخِ بِسُرْعَةِ ٣٥٣٦ مترًا فِى الثَّانِيَةِ أو ١٢٧٣٠ كم/ساعَةً . وَقُوَّةُ الدَّفْعِ الْهَائِلَةُ هَذِهِ ، تَكْفِى لرَفْعِ الْمَرْكَبَةِ ذَاتِ وَزْنِ ٢ مِلْيُون كِيلو جرَامٍ ، إِلَى مَدَارٍ يَبْعُدُ عَنْ سَطْحِ الأَرْضِ حَوالَى ٤٨٠ كيلو مترًا . وَمَصْدَرُ هَذِهِ الْقُوَّةِ هُوَ احْتِرَاقُ الْهَيْدُرُوجِين والأُكْسُجِين دَاخِلَ مُحَرِّكَاتِ الْمَكُّوكِ الثَّلاثَة وَقُوَّةُ دَفْعِ الصَّارُوخِ بِسَبَبِ سُرْعَة وَحَجْمِ غَازَاتِ الْعَادِمِ النَّاتِجَةِ عَنْ حُدُوثِ عَمَلِيَّةِ الاحْتِرَاقِ فِى دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ عَالِيَةٍ جِدًّا .

وَمُعْظَمُ غَازَاتِ الْعَادِمِ هِىَ بُخَارُ الْمَاءِ . وَكَانَ يُسْتَخْدَمُ الْكِيرُوسِين فِى الصَّوَارِيخِ سَابِقًا ، وَلَكِنَّ نَاتِجَ الاحْتِرَاقِ هُوَ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَهُوَ أَثْقَلُ مِنْ بُخَارِ الْمَاءِ . وَلَمَّا كَانَتْ كَمِّيَّةُ حَرَكَةِ الْعَادِمِ هِىَ حَاصِلُ ضَرْبِ كُتْلَتِهِ فِى سُرْعَتِهِ ، فَإِنَّ سُرْعَةَ عَادِمِ الْكِيرُوسِين تَقِلُّ كَثِيرًا عَنْ سُرْعَةِ عَادِمِ الْهَيْدُرُوجِين .

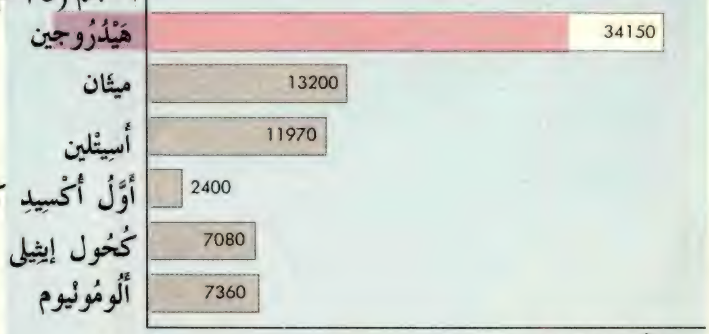


أَحَدُ صَوَارِيخِ الْفَضَاءِ

صَوَارِيخُ مُزَوَّدَةٌ بِوَقُودٍ صُلْبٍ
صَارُوخَانِ بِوَقُودٍ صُلْبٍ تُمِدَّانِ الْمَكُّوكَ بِقُوَّةِ الدَّفْعِ بِاحْتِرَاقِ خَلِيطٍ مِنْ مَسْحُوقِ الأَلُومُونْيُوم وَمَادَّةٍ غَنِيَّةٍ بِالأُكْسُجِين .

حَرَارَةُ الاحْتِرَاقِ

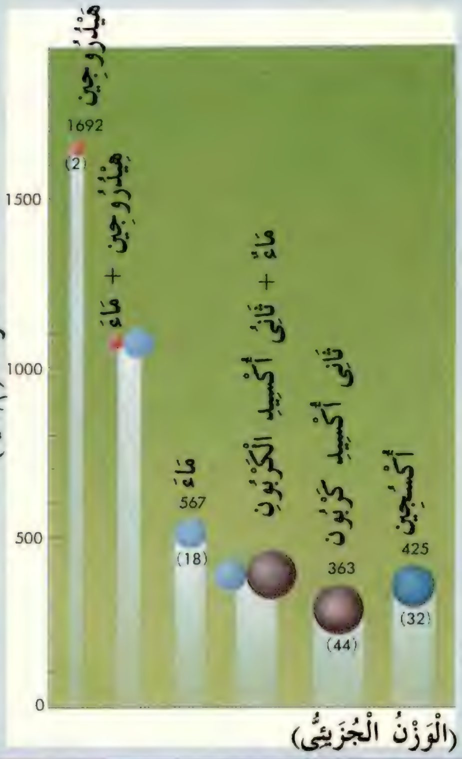
الطَّاقَةُ النَّاتِجَةُ مِن احْتِرَاقِ ١ جم هَيْدُرُوجِين عند ٢٥°م تُعَادِلُ ٤,٦ مَرَّةً الطَّاقَةَ النَّاتِجَةَ عَن احْتِرَاقِ ١ جم مِن الأَلُومُونْيُوم .



■ خَزَّانُ وَقُودٍ سَائِلٍ

سُرْعَةُ الْعَادِمِ

تَتَوَقَّفُ سُرْعَةُ الْعَادِمِ جُزْئِيًّا عَلَى الْوَزْنِ الْجُزَيْئِيِّ لِلْغَازَاتِ . وَلِأَنَّ الْهَيْدُرُوجِين هُوَ أَخَفُّ وَأَسْرَعُ الْغَازَاتِ ، فَإِنَّهُ حَتَّى الْهَيْدُرُوجِين الَّذِى لَمْ يَحْتَرِقْ يُوَلِّدُ دَفْعًا إِضَافِيًّا .



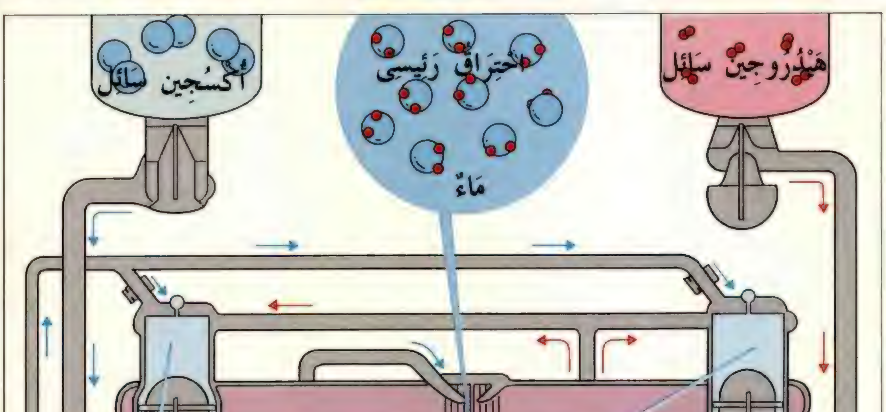


● وَقُودٌ لِمَكُّوكِ الْفَضَاءِ

يُحْمَلُ الْمَكُّوكُ فَوْقَ خَزَّانَاتِ وَقُودٍ عِمْلَاقَةٍ مَعْزُولَةٍ . يَمْلَأُ الْأُكْسُجِينُ السَّائِلُ الْقِسْمَ الْعُلْوِىَّ (أعلى) ، وَالْهَيْدُرُوجِينُ السَّائِلُ الْقِسْمَ السُّفْلِىَّ (يمين) .

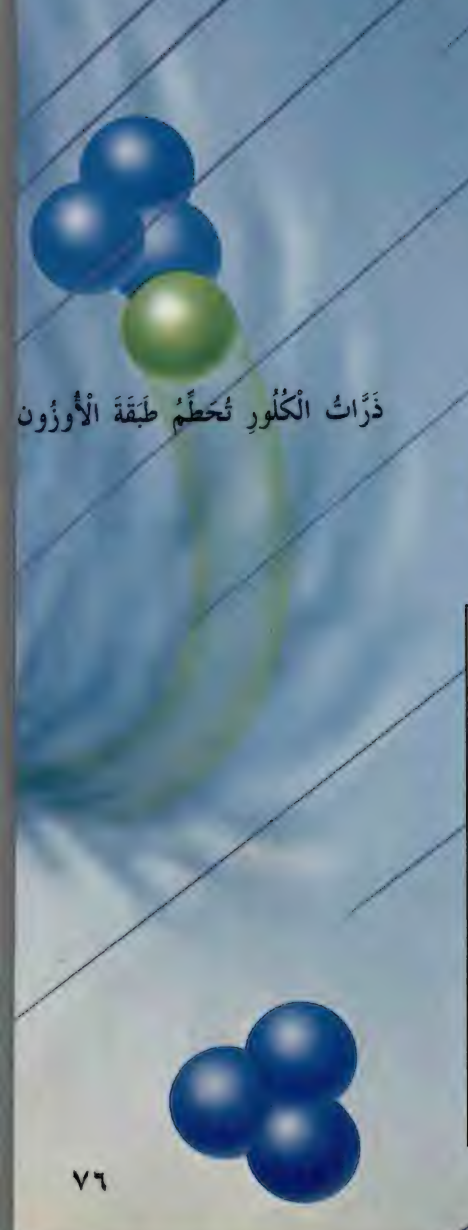
احْتِرَاقُ الْهَيْدُرُوجِين

يَحْتَرِقُ الْهَيْدُرُوجِين وَالْأُكْسُجِين فِى مَرْكَبَةِ الْفَضَاءِ عَلَى مَرْحَلَتَيْنِ . يَحْتَرِقُ الْهَيْدُرُوجِينُ وَقَلِيلٌ مِنَ الْأُكْسُجِين فِى غُرْفَتَى احْتِرَاقٍ مُسَاعِدَتَيْنِ . وَهَذَا يُدِيرُ تُرْبِينَاتِ الضَّغْطِ الْعَالِى الَّتِى تَضُخُّ الْأُكْسُجِين وَالْهَيْدُرُوجِين إِلَى غُرْفَةِ الاحْتِرَاقِ الرَّئِيسِيَّةِ . وَيُسْتَخْدَمُ بَعْضُ الْهَيْدُرُوجِين السَّائِلِ لِتَبْرِيدِ الْمُحَرِّكَاتِ حَتَّى لَاتَنْصَهِرَ بِتَأْثِيرِ حَرَارَةِ الاحْتِرَاقِ الْعَالِيَةِ الْمُسْتَمِرَّةِ . وَيَتَبَخَّرُ الْهَيْدُرُوجِين السَّائِلُ وَيُصْبِحُ جُزْءًا مِنَ الْعَادِمِ .



مَا سَبَبُ حُدُوثِ ثَقْبِ الأُوزُونِ ؟

عَالِيًا فَوْقَ الْأَرْضِ فِى طَبَقَةِ الستراتوسْفِير يُوجَدُ عَدَدٌ قَلِيلٌ مِن جُزَيْئَاتِ الْأُوزُون تَحْمِى الْحَيَاةَ عَلَى الْأَرْضِ أَضْرَارَ الْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ . وَالأُوزُون هُوَ صُورَةٌ غَيرُ مُسْتَقِرَّةٍ لِلأُكْسُجِين يَحْوى ثَلاثَ ذَرات مِن الأُكْسُجِين (O_3)، وَعِنْدَمَا يَمتَصُّ الأَشِعَةَ فَوْقَ الْبَنفسَجِيَّةِ يَتَحَلَّلُ إِلَى جُزَيْءِ أُكْسُجِين (O_2) وَذَرَّةِ أُكْسُجِين . وَتَتَكَوَّنُ باسْتِمْرَارٍ كَمِّيَّةٌ أُخرَى من الأُوزُونِ فِى السْتراتوسفير ، مُحْدِثَةً تَوَازُنًا كِيمْيَائِيًّا فِى طَبَقَةٍ تَحْتَوِى عَلَى حَوَالَى ٥ بِلْيُونِ طِنٍّ مِن الأُوزُونِ يُحِيطُ بِالأَرْضِ ، حَيثُ تُوجَدُ ٣ أو ٤ جُزَيْئَاتُ أُوزُونٍ لِكُلِّ مِلْيونِ جُزَيْءٍ مِن الْهَوَاءِ . وَيُهَدِّدُ هَذَا التَّوَازُنَ مُرَكَّبَاتُ الْكُلُوروفلوروكَرْبُون مِثْلُ الْفُلُورُوكَرْبُون ١١ (أسفل). وَهَذِهِ الْمَوَادُّ تُسْتَخدَمُ فِى مُكَيِّفَاتِ الْهَوَاءِ وَالثَّلاجَاتِ وَصِنَاعَاتٍ أُخْرَى ، وَتَرْتَفِعُ إِلَى طَبَقَةِ السْتراتوسْفير . وَهُنَاكَ تَتَحَلَّلُ وَتُحَرِّرُ ذَرَّاتِ الْكُلُور الَّتِى تَكْسِرُ الأُوزُون . وَالْفَرْقُ هو أَنَّ كُلَّ ذَرَّةِ كُلُور تُحَطِّمُ حَوَالَى ١٠٠٠٠٠ جُزَيْءِ أُوزُون ، بِسُرْعَةٍ تَفُوقُ تَعْوِيضَ الطَّبِيعَةِ لِلأُوزُون . وَنَتِيجَةً لِذَلِكَ يَقِلُّ سُمْكُ طَبَقَةِ الأُوزُون ، مِمَّا يَسْمَحُ بِنَفَاذِ الأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ الضَّارَّةِ إِلَى الأَرْضِ ، وَيُسَمَّى هَذَا ثَقْبًا .



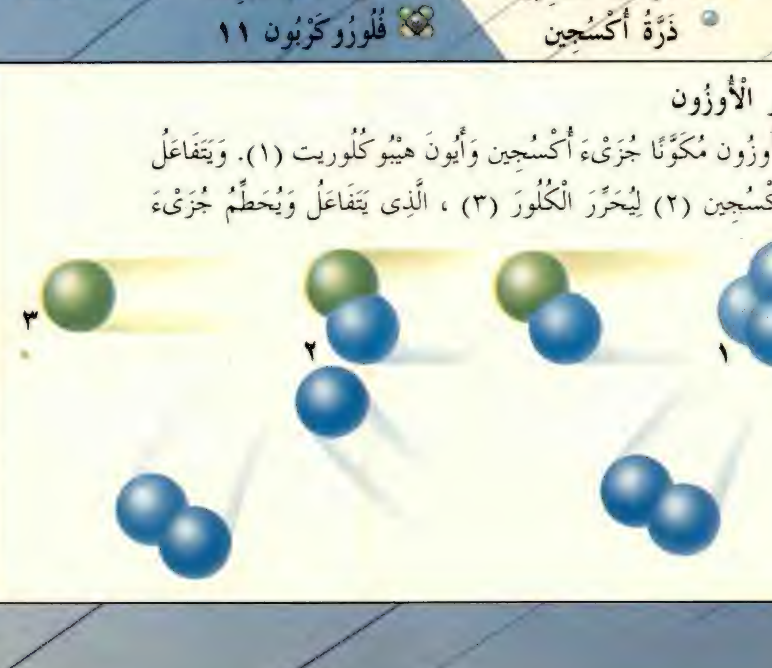
ثَقبٌ فِى طَبَقَةِ الأُوزُون

تَمْتَدُّ طَبَقَةُ الأُوزُونِ بَيْنَ ارْتِفاعَىْ ١٥ كم ، ٥٠ كم فَوْقَ سَطْحِ الأَرْضِ . وَفِى أَوْقَاتٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ السَّنَةِ يَكُونُ الأُوزُونُ مُعَرَّضًا جُزْئِيًّا لِتَأْثِيرَاتِ الْكُلُور الضَّارَّةِ . وخِلال هَذِهِ الْفَتَرَاتِ ، قَدْ تَتْلَفُ ٦٠٪ مِن طَبَقَةِ الأُوزُونِ فِى بَعْضِ الأَمَاكِنِ تارِكَةً ثَقْبًا قَدْ يُعادِلُ مِساحَةَ الْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ .

ذَرَّةُ كُلُور — جُزَيْءُ أُكْسُجِين — أيُون هَيْبُوكْلُوريت
جُزَيْءُ أُوزُون — ذَرَّةُ أُكْسُجِين — فُلُورُوكَرْبُون ١١

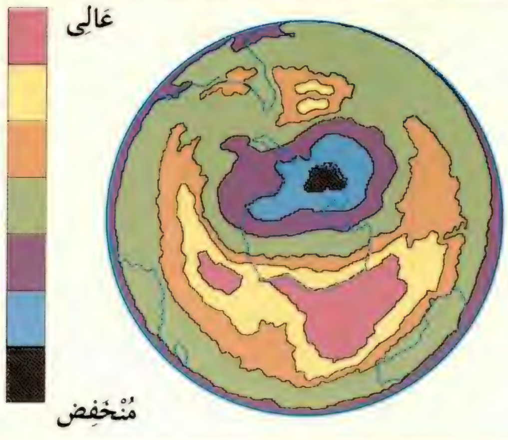
كَيْفَ يُحطِّمُ الكُلُور الأُوزُون

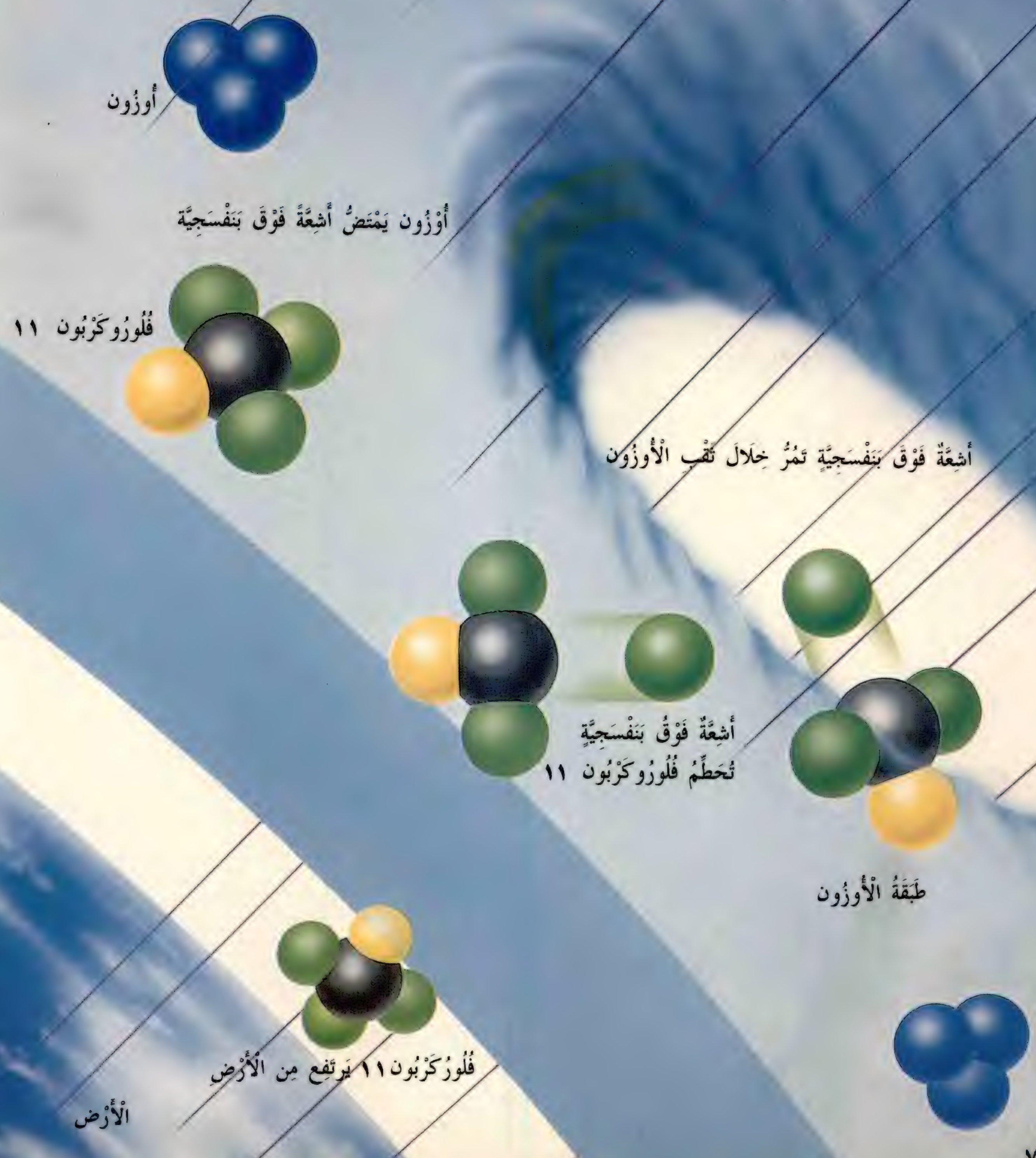
يَتَفَاعَلُ الكُلُور مَعَ الأُوزُون مُكَوِّنًا جُزَيْءَ أُكْسُجِين وَأَيُونَ هيْبُوكْلُوريت (١). وَيَتَفَاعَلُ الأَيُون مَعَ جُزَيْءِ أُكْسُجِين (٢) لِيُحَرِّرَ الْكُلُورَ (٣) ، الَّذِى يَتَفَاعَلُ وَيُحطِّمُ جُزَيْءَ أُوزُونٍ آخَر .



تَقْبُ الْأُوزُونِ

تَقيسُ أَقْمارُ الْفضَاءِ كَمِّيَّةَ الأُوزُون فِـى السْتَراتـوسْفير . فالخَريطَـةُ (يسار) تُبيِّنُ كَمِّيَّتَهُ فوق نِصْفِ الكُرَةِ الْجَنُوبِى خِلاَلَ الرَّبيـع الجَنُوبِى ، فَتَظْهَرُ مَناطِقُ أُوزُون مُنْخَـفِضٍ (رمـادى) فَـوْقَ الأَنْتارْكِتيكا وَمَنْطِقَـةُ الأُوزُونِ الرَّفيعِ أَو الثَّقْبِ ، اكْـتُشِفَتْ عام١٩٨٢ ، وَتَكْبُر كُلَّ رَبيعٍ .





4 كِيمْيَاءُ الْغِذَاءِ

تَظْهَرُ بَعْضُ التَّفَاعُلَاتِ الْكِيمْيَائِيَّةِ وَاضِحَةً فِى مَجَالَاتٍ قَلِيلَةٍ مِن إِنْتَاجِ وَتَحْضِيرِ الطَّعَامِ . فَعِنْدَ غَلْىِ بَيْضَةٍ نِيئَةٍ ــ مَثَلًا ــ يَحْدُثُ تَغَيُّرٌ كِيمْيَائِىٌّ يُجَمِّدُ جُزَيْئَاتِ بُرُوتِينِ الْبَيْضَةِ . وَفِى أَغْذِيَةٍ أُخْرَى ، قَدْ تَنفَصِلُ الذَّرَّاتُ أَوْ تَتَّحِدُ لِتُكَوِّنَ مُرَكَّبَاتٍ جَدِيدَةً . وَلِأَنَّ بَعْضَ الْأَطْعِمَةِ غَيْرُ مُسْتَسَاغَةٍ فِى حَالَتِهَا الطَّبِيعِيَّةِ ، فَقَدْ عَكَفَ الطُّهَاةُ وَالْعُلَمَاءُ على إِيجَادِ الطُّرُقِ التى تَجْعَلُ هَذِهِ الْأَطْعِمَةَ أَحْسَنَ مَذَاقًا وَأَكْثَرَ سَلَامَةً ، وَكُلُّ تَحْضِيرٍ جَدِيدٍ لِنَوْعٍ مِن الطَّعَامِ يَتَضَمَّنُ تَغَيُّرَاتٍ فِى تَرْكِيبِ الْجُزَيْئَاتِ . فَالدَّقِيقُ يَكُونُ أَسْهَلَ هَضْمًا بِطَهْيِهِ أَوْ خَبْزِهِ ، كَمَا فِى رَغِيفِ الْخُبْزِ . وَإِضَافَةُ بِكْتِرْيَا مُعَيَّنَةٍ إِلَى اللَّبَنِ تُغَيِّرُ طَعْمَهُ وَتَرْكِيبَهُ . كَمَا أَنَّ تَقْنِيَّاتِ حِفْظِ الطَّعَامِ ، سَهَّلَتْ تَخْزِينَهُ لِفَتَرَاتٍ طَوِيلَةٍ دُونَ أَنْ يَفْسُدَ . وَكُلُّ هَذِهِ التَّغَيُّرَاتِ يَحْدُثُ بِهَا تَغَيُّرٌ فِى تَرْتِيبِ الذَّرَّاتِ ، لِيَنْتُجَ تَرْكِيبٌ وَنَكْهَةٌ جَدِيدَةٌ .

وَقَدْ تَطَوَّرَتْ اسْتَرَاتِيجِيَّاتُ الطَّهْىِ ، عَبْرَ الْعُصُورِ مِن خِلَالِ التَّجْرِبَةِ وَالْخَطَأِ ، وَأَصْبَحَت الآن فَرْعًا من الْكِيمِيَاءِ يُعْرَفُ بِعِلْمِ الْغِذَاءِ . وَيَتَنَاوَلُ هَذَا الْفَصْلُ الأَغْذِيَةَ الْمُخْتَلِفَةَ والتَّغَيُّرَاتِ الكِيمْيَائِيَّةَ الْمُصَاحِبَةَ لِإِنْتَاجِهَا أَوْ تَحْضِيرِهَا .



عَمَلِيَّةُ نُضُوجِ تُفَّاحَةٍ وَاحْمِرَارِ لَوْنِهَا ، تَتَضَمَّنُ تَغَيُّرَاتٍ كِيمْيَائِيَّةً ، وَكَذَلِكَ التَّفَاعُلَاتُ الْحَادِثَةُ عِنْدَ تَحَوُّلِ شَرِيحَةٍ مَقْطُوعَةٍ مِنْهَا إِلَى اللَّوْنِ الْبُنِّى .



لِمَاذَا يَتَحَوَّلُ لَوْنُ شَرِيحَةِ التُّفَّاحِ إِلَى اللَّوْنِ الْبُنِّى ؟

يَتَغَيَّرُ لَوْنُ التُّفَّاحَةِ الْمَقْطُوعَةِ إِلَى اللَّوْنِ الْبُنِّى بِسَبَبِ جُزَيْئَاتِ الْفِينُولَاتِ التى تُوجَدُ فِى لَحْمِهَا حَوْلَ الْبُذُورِ وَتَحْمِى التُّفَّاحَةَ . فَعِنْدَ قَطْعِ التُّفَّاحَةِ إلى شَرَائِحَ أَوْ ثَقْبِهَا ، فَإِنّ إِنْزِيمًا مُعَيَّنًا يَأْخُذُ الأُكْسُجِين مِن الْجَوِّ وَيَتَّحِدُ مع الفِينُولَاتِ فِى الْجُزْءِ المَكْشُوفِ وَيُكَوِّنُ بُولِى فِينُولَاتٍ . وَهَذِهِ بِدَوْرِهَا تَتَّحِدُ مَعَ الإِنْزِيمَاتِ وَالأُكْسُجِين لِتُكَوِّنَ أَحَدَ صُوَرِ جُزَيْءِ الْكَيْنُونِ ، الَّذِى يَرْتَبِطُ بِالْجُزَيْئَاتِ الأُخْرَى لِيُكَوِّنَ صِبْغَةً بُنِّيَّةً تُغَطِّى لَحْمَ التُّفَّاحَةِ الْمَكْشُوفَ . وَهَذِهِ الصِّبْغَةُ تُكَوِّنُ حَاجِزًا وَاقِيًا يَمْنَعُ تَقَدُّمَ جُزَيْئَاتِ الأُكْسُجِين الضَّارَّةِ فِى دَاخِلِ التُّفَّاحَةِ .

وَلِمَنْعِ تَحَوُّلِ تُفَّاحَةٍ مَقْطُوعَةٍ إِلَى الْبُنِّى ، يَجِبُ حِفْظُهَا بَعِيدًا عَنْ أُكْسُجِين الْهَوَاءِ ، وَأَبْسَطُ وَسِيلَةٍ هُوَ غَمْرُهَا فِى المَاءِ . وَيُمْكِنُ كَذَلِكَ تَغْطِيَةُ الأَجْزَاء المكشُوفَةِ بِفيتَامِين ج ، لِأَنَّهُ يَتَفَاعَلُ مَعَ الأُكسُجِين بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ مِن تَفَاعُلِ الْفِينُولَات ، فَلَا تَتَكَوَّنُ الصِّبْغَة الْبُنِّيَّةُ وَتَظَلُّ التُّفَّاحَةُ بَيْضَاءَ .

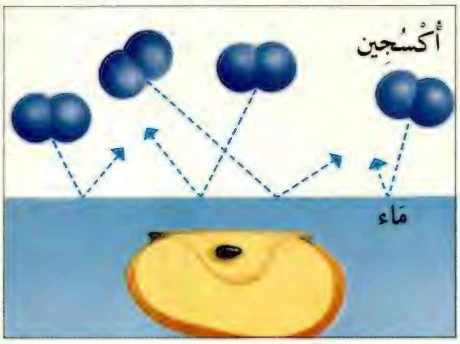
سِلْسِلَةٌ من التَّغَيُّراتِ الْكِيمْيَائِيَّة



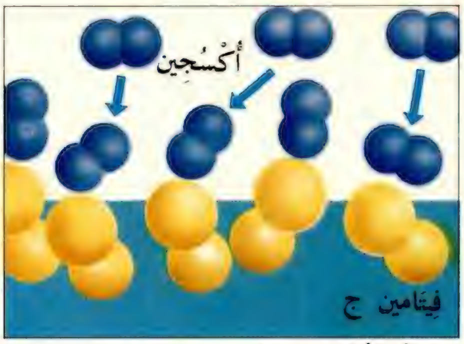
الإِنْزِيمَاتُ فِى التُّفَّاحَةِ تَرْبط الأُكْسُجِين إلى الفينولاتِ ثُمَّ إلى الْبُولِى فِينُولَاتِ النَّاتِجَة .

طُرُقُ مَنْعِ اللَّوْنِ الْبُنِّى

غَمْرُ شَرَائِحِ التُّفَّاحِ فِى المَاءِ يَحْمِى السَّطْحَ الْمَكْشُوفَ من الأُكْسُجِين الذى يَبْدَأُ عَمَلِيَّةَ التَّحَوُّل . وَتَغْطِيَةُ السَّطْحِ بِفيتَامِين ج الموجُودِ فِى عَصِيرِ اللَّيْمُونِ أَوْ إِضَافَةُ فيتامِين ج إلى الماء يَحْفَظُ التفَّاحَةَ بَيْضَاءَ .



يَحْجِزُ الماءُ التُّفَّاحَةَ عن الأُكْسُجِين



يَرْتَبِطُ الأُكْسُجِين بِفيتَامِين ج .

بِنَاءُ حَائِطٍ كِيمْيَائِىٍّ

تُعْتَبَرُ الصِّبْغَةُ الْبُنِّيَّةُ الْمُتَكَوِّنَةُ على التفاحَةِ ، مِثْلَ حَائِطٍ كَوَّنَهُ تَأَكْسُدُ الخلايَا الخَارِجيَّةِ الْمَكْشُوفَةِ . وَهَذَا الحائِطُ يُبْطِئُ سُرعَةَ وُصُولِ الأُكْسُجِين إِلى اللَّحْمِ الدَّاخِلِى لِلتُّفَّاحَةِ . وَبَعْضُ الثِّمَارِ الأُخْرَى تُصْبِحُ بُنِّيَّةً لِنَفْسِ السَّبَبِ ، مِثْلُ المَوزِ والبَطَاطِسِ .



هَلْ كُلُّ الأَغْذِيَةِ اللَّاذِعَةِ الطَّعْمِ حِمْضِيَّةٌ ؟



لَا يُمْكِنُ تَصْنِيفُ جَمِيعِ الأَغْذِيَةِ اللَّاذِعَةِ كَأَحْمَاضٍ ، حَتى وَلَوْ بَدَتْ كَذَلِكَ لِأَوَّلِ وَهْلَةٍ . فاللَّيْمُونُ ــ مَثَلًا ــ لَاذِعُ الطَّعْمِ وَباختِبارِهِ يُظْهِرُ حِمْضِيَّةً عَالِيَةً ، وَلَكِنَّهُ يُصَنَّفُ كَغِذَاءٍ قاعِدِيٍّ أو قَلَوِيٍّ . وَذَلِكَ بِسَبَبِ احْتِوَائِهِ عَلَى عَنَاصِرِ الصُّودْيُوم والبُوتَاسْيُوم والْكَالْسيُوم والْمَاغْنِسْيُوم التى تُظْهِرُ قَلَوِيَّةً عِنْدَ امْتِزَاجِهَا بالمَاءِ . وعلى العَكْسِ ، فَإِنَّ الأَغْذِيَةَ التى تَحْتَوِى مَوَادَّ مِثْلَ الكُلُور أَو الْفُوسْفُور أو الكِبْرِيتِ ، وَتَظْهَرُ كُلُّهَا حِمْضِيَّةً عِنْدَ مَزْجِهَا بالماءِ ، تُصَنَّفُ كأَحماضٍ . مِثْلِ الْجَزَرِ والسَّبَانِخ .

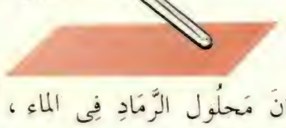
وَلِتَصْنِيفِ غِذَاءٍ كَقَلَوِيٍّ أَوْ حِمْضِيٍّ ، فَإِنَّ العُلَمَاءَ يُسَخِّنُونَهُ حَتَّى يَتَبَقَّى رَمَادٌ فَقط ، وهى عَمَلِيَّةٌ تُشْبِهُ عَمَلِيَّةَ الْهَضْمِ فِى الإِنْسَانِ . ثُم يُذَابُ الرَّمَادُ فِى الماءِ ، وَتُقَاسُ حِمضِيَّةُ الْمَحلولِ بتَحْدِيدِ الأُسِّ الْهَيدْرُوجِينى لِلْمَحْلُولِ (PH)

- S كِبْريت
- P فُوسْفُور
- Cl كُلُور
- Mg مَاغْنِسْيُوم
- Ca كَالْسِيُوم
- K بُوتَاسْيُوم
- OH^- أيُونَاتُ هَيْدْروكْسِيل
- H^+ أيُونَاتُ هَيْدْرُوجِين

تَقْلِيدُ الْهَضْمِ

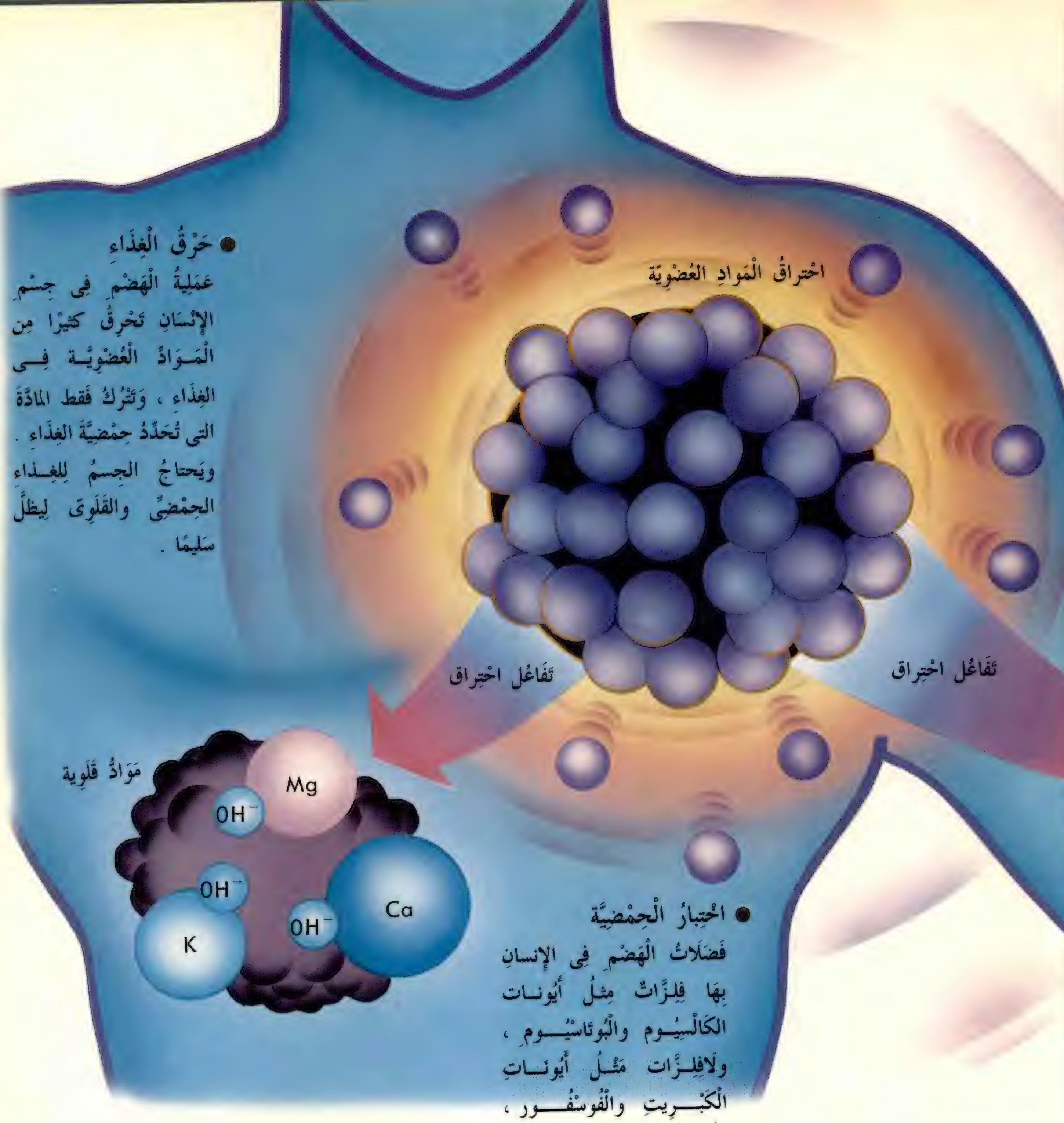
يُحَدِّدُ الْكِيمْيَائِيُّونَ حِمْضِيَّةَ أو قَلَوِيَّةَ الْغِذَاءِ ، بِتَسْخِينِه حتى لا يَتَبَقَّى سِوَى رَمَادٍ . والرَّمَادُ ، يُشْبِهُ إِلَى حَدٍّ ما ، الفَضَلاتِ التى يَطْرُدُهَا الجهازُ الْهَضْمِى لِلإِنْسَانِ . وَبِإِذَابَتِهَا فِى الْماءِ يَتِمُّ اخْتِبَارُ حِمْضِيَّتِها .





إذَا كَانَ مَحلُول الرَّمَادِ فِى الماء ، يُحَمِّرُ وَرَقَةَ عَبَّادِ الشَّمْسِ الزَّرْقَاء ، كَان الغِذاءُ حِمْضِيًّا . أَمَّا إذَا زَرَّقَ وَرَقَةَ عَبَّادِ الشَّمسِ الْحَمرَاء ، كَانَ قَلوِيًّا .





• حَرْقُ الْغِذَاءِ

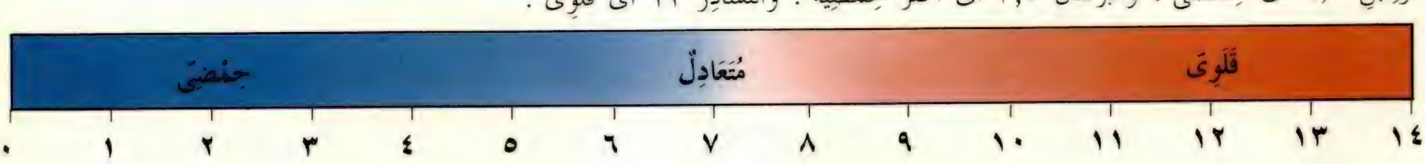
عَمَلِيَةُ الْهَضْمِ فِى جِسْمِ الإِنْسَانِ تَحْرِقُ كَثِيرًا مِن الْمَـوَادِّ الْعُضْوِيَّـة فِـى الغِذَاء ، وَتَتْرُكُ فَقط المادَّةَ التى تُحَدِّدُ حِمْضِيَّةَ الغِذَاءِ . ويَحتاجُ الجِسمُ لِلغِـذاءِ الحِمْضِىِّ والقَلَوِىّ لِيظلَّ سَليمًا .

• اخْتِبارُ الْحِمْضِيَّة

فَضَلَاتُ الْهَضْمِ فِى الإنسانِ بِهَا فِلِزَّاتٌ مِثْلُ أيُونـات الكَالْسِيُـوم والْبُوتَاسْيُـــومِ ، ولَافِلِـزَّات مِثْـلُ أَيُونَـــاتِ الْكِبْــرِيتِ والْفوسْفُـــور ، وأَيُوناتُ هَيْدُروكسيل .

الأُسُّ أو الرقْمُ الْهَيْدُرُوجينى

يُمثِّلُ الشَّرِيطُ السُّفْلِىُّ حِمْضِيَّةَ أَوْ قَلَوِيَّةَ الْمَوادِّ عَلى مِقْيَاسِ الْأُسِّ الْهَيْدُرُوجِينى (PH) ، الَّذى يَتَرَاوَحُ بَيْنَ صِفْرٍ إلى ١٤ ، حَيْثُ التَّعَادُلُ عِنْدَ ٧ . والأَغْذِيَةُ ذَاتُ أُسٍّ هَيْدُرُوجِينى مُنْخَفِض ، تَكُونُ حِمْضِيَّةً وَذَاتُ أُسٍّ هَيْدُرُوجِينى مُرْتَفِعٍ ، تَكونُ قَلَوِيَّةً . والأُسّ الْهَيْدُرُوجِينى لِدَمِ الإِنْسَانِ ٧,٤ ، أَىْ مُتَعَادِلٌ تَقْرِيبًا . وَلِلَّبَنِ ٦,٥ أى حِمْضِىٌّ ، والبرتقالُ ٣,٥ أَىْ أَكثرُ حِمْضِيَّة . والنَّشَادِرُ ١٢ أى قَلَوِىٌّ .



كَيْفَ يُصْنَعُ اللَّبَنُ الزَّبادِى ؟

قَبْلَ اخْتِراعِ الثَّلَّاجَةِ ومُعالَجَةِ اللَّبَنِ الْحَدِيثَةِ ، بَحَثَ الرُّعَاةُ الْبَدْوِ الْأَوَائِلُ عَنْ طَرِيقَةٍ لِحِفْظِ اللَّبَنِ وَنَقْلِهِ دُونَ أَنْ يُراقَ . وَكَانَ الحَلُّ هُوَ تَخْمِيرَ اللَّبَنِ ، بِعَمَلِيَّةٍ تَحَوُّلِهِ إِلَى زَبَادِيٍّ نِصْفِ جَامِدٍ . وَالْيَوْمَ مَازَالَ الزَّبَادِيُّ لَهُ قِيمَتُهُ لِأَنَّهُ سَهْلُ الْهَضْمِ وَيُعْتَبَرُ وَجْبَةً خَفِيفَةً مُنَشِّطَةً .

وَتَبْدَأُ صِناعَةُ الزَّبَادِى بِبَسْتَرَةِ اللَّبَنِ أَوْ تَسْخِينِهِ حَتَّى ٨٢°م لِقَتْلِ مَابِهِ مِنْ بَكْتِرِيَا . ثُمَّ يُضَافُ إِلَيْهِ خَمِيرَةُ زَبَادِى ، وَيُحْفَظُ الْخَلِيطُ بَيْنَ دَرَجَتَى حَرَارَة ٣٧°م ، ٤٥°م حَيْثُ تَتَحَوَّلُ السُّكَّرِيَّاتُ الطَّبِيعِيَّةُ فِى اللَّبَنِ إِلَى أَحْمَاضٍ أَوْ تُخَمِّرُهُ . وَالْأَحْماضُ الْجَدِيدَةُ الْمُتَكَوِّنَةُ تَرْبِطُ سَلَاسِلَ بُرُوتِينِ اللَّبَنِ لِتُكَوِّنَ شَبَكَةً كَبِيرَةً مُعَقَّدَةً تُحَوِّلُ اللَّبَنَ إِلَى زَبَادِيٍّ لَاذِعٍ . وَيُصْنَعُ مِنَ اللَّبَنِ الْمُتَخَمِّرِ أَغْذِيَةٌ أُخْرَى مِثْلُ القِشْدَةِ اللَّاذِعَةِ وَالْجُبْنِ وَالزُّبْدِ .



لَبَنٌ نِصْفُ جَامِدٍ

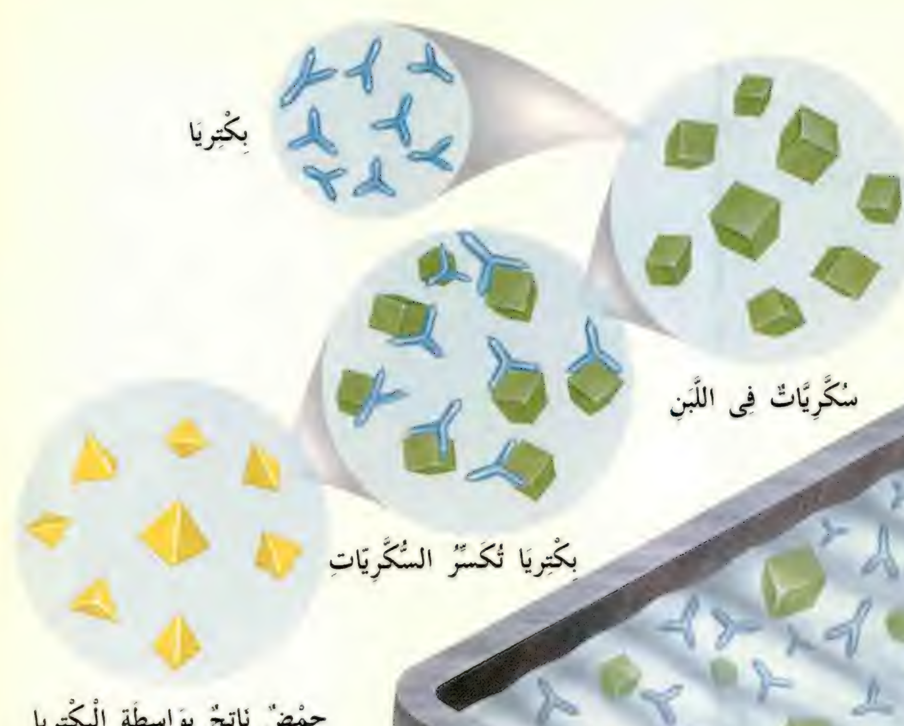
الْأَحْمَاضُ النَّاتِجَةُ عَنِ التَّخَمُّرِ تَرْبِطُ بَيْنَ سَلَاسِلِ الْبُرُوتِينِ الْفَرْدِيَّةِ فِى اللَّبَنِ (أَعْلَى يسار)، فَيُصْبِحُ اللَّبَنُ أَقَلَّ سُيُولَةً وَيَبْدَأُ فِى التَّخَثُّرِ تَدْرِيجِيًّا .

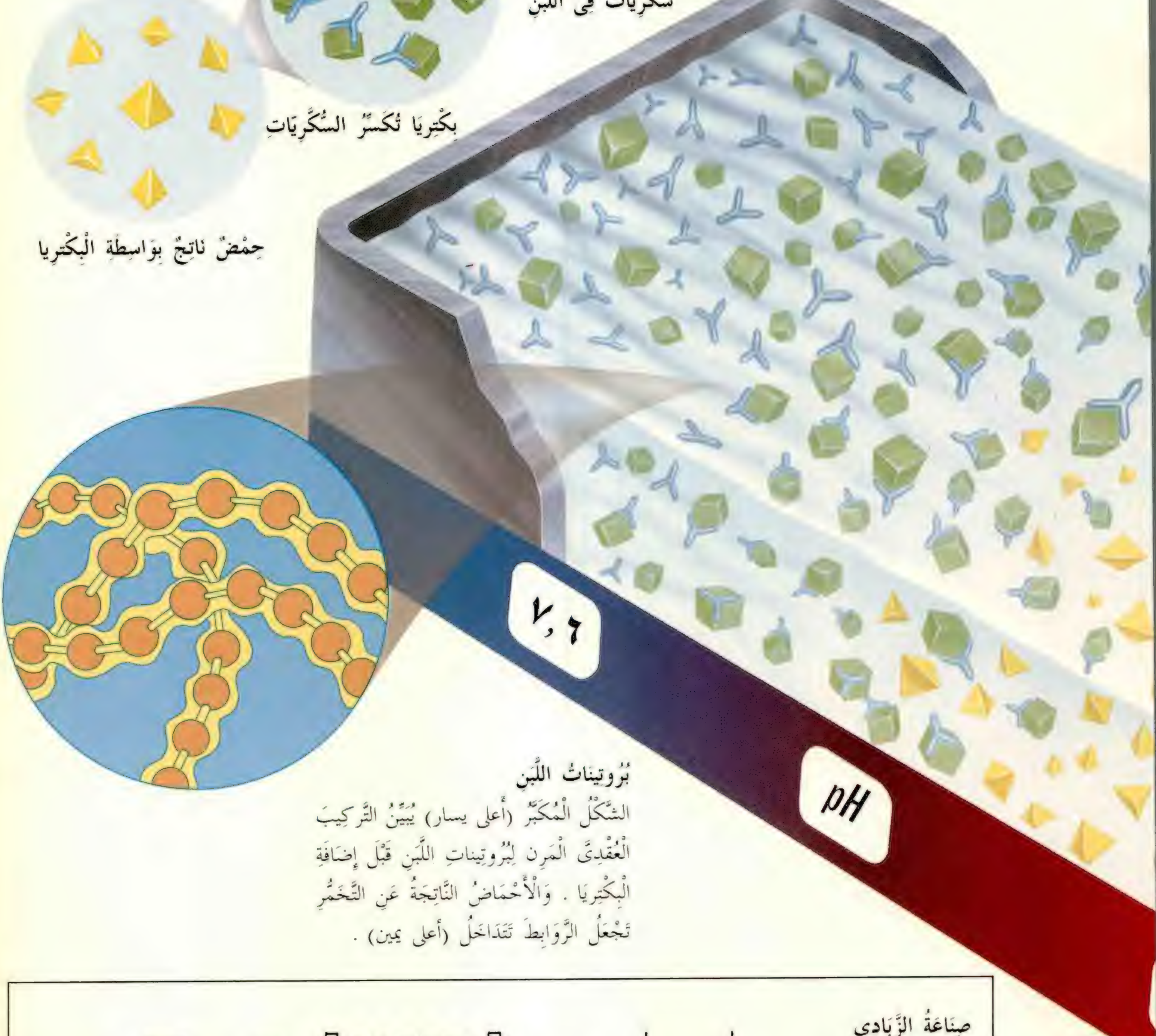
مَرْحَلَتَا تَكَوُّنِ الزَّبَادِى :

يَتَكَوَّنُ الزَّبَادِيُّ عَلَى مَرْحَلَتَيْنِ : فِى الْأُولَى ، تُكَسِّرُ الْبَكْتِرْيَا السُّكَّرِيَّاتِ إِلَى أَحْمَاضٍ تَرْفَعُ حِمْضِيَّةَ اللَّبَنِ . وَتَبْدَأُ الثَّانِيَةُ عِنْدَمَا تُؤَثِّرُ زِيَادَةُ حِمْضِيَّةِ اللَّبَنِ عَلَى جُزَيْئَاتِ الْبُرُوتِينِ لِتُكَوِّنَ تَرْكِيبًا مُتَجَمِّعًا كَالْكُبَارِى ثُمَّ يَأْخُذُ اللَّبَنُ الْهَيْئَةَ نِصْفَ الجَامِدَةِ لِلزَّبَادِى .

مَرْحَلَةُ التَّخمُّرِ

يَظْهَرُ أَسْفَلَ وَيَسار ، بِكْتِرْيَا (أَزْرَق) مُلْتَصِقَةٌ بِجُزَيْئَاتِ سُكَّرٍ (أَخْضَر)، وَتُحَوِّلُ السُّكَّرَ إلى حِمْضٍ (أَصْفَر) . وَيَتِمُّ التَّخَمُّرُ خِلاَلَ سَاعَات قَلِيلَةٍ .



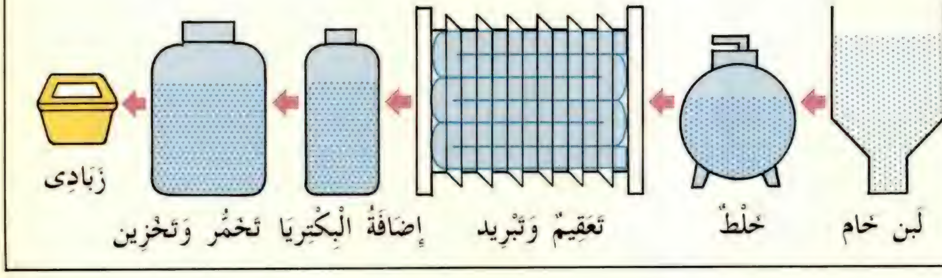


بُروتيناتُ اللَّبَنِ

الشَّكْلُ الْمُكَبَّرُ (أعلى يسار) يُبيِّنُ التَّرْكِيبَ الْعُقْدِيَّ الْمَرِن لِبُروتينات اللَّبَنِ قَبْلَ إِضافَةِ الْبِكْتِرِيَا . وَالْأَحْمَاضُ النَّاتِجَةُ عَنِ التَّخَمُّرِ تَجْعَلُ الرَّوَابِطَ تَتَدَاخَلُ (أعلى يمين) .

صِنَاعَةُ الزَّبَادِى

فِى الْإِنْتَاجِ الصِّنَاعِى لِلزَّبَادِى ، يُعَالَجُ اللَّبَنُ الْخَامُ وَيُعَقَّمُ . ثُمَّ يُخْلَطُ بِالبِكْتِريَا الَّتِى تُخَمِّرُهُ إلَى زَبَادِى .



لِمَاذَا تذُوبُ الْقهْوَةُ الْفوْرِيَّةُ ؟

هُنَاكَ طَرِيقَتَانِ لِعَمَلِ القَهْوَةِ الْفَوْرِيَّةِ : التَّجْمِيدُ الْجَافُّ ، وَالرَّشُّ الْجَافُّ . وَتَبْدَأُ كُلٌّ مِنْهُمَا بِتَحْمِيصِ حُبُوبِ الْبُنِّ وَطَحْنِهَا ثُمَّ وَضْعِهَا فِي مَاءٍ يَغْلِي لِتَكْوِينِ سَائِلٍ مُرَكَّزٍ . وَفِي طَرِيقَةِ التَّجْمِيدِ الْجَافِّ ، يُجَمَّدُ السَّائِلُ عِنْدَ −٤٠°م . ثُمَّ تُفَتَّتُ الْقَهْوَةُ الْمُتَجَمِّدَةُ إِلَى حُبَيْبَاتٍ صَغِيرَةٍ ، وَتُوضَعُ فِي آلَةِ تَفْرِيغٍ جَافٍّ . فَيَتَسَامَى الْجَلِيدُ الْمَوْجُودُ فِي الْحُبَيْبَاتِ أَيْ يَتَحَوَّلُ مِنْ جَامِدٍ إِلَى غَازٍ مُبَاشَرَةً فِي الفَرَاغِ ، وَيَتْرُكُ حُبَيْبَاتٍ بِلُّورِيَّةً مَسَامِّيَّةً مِن الْقَهْوَةِ الْفَوْرِيَّةِ .

وَفِي طَرِيقَةِ الرَّشِّ الْجَافِّ ، يُرَشُّ السَّائِلُ الْمُرَكَّزُ خِلَالَ تَيَّارٍ مِن الْهَوَاءِ السَّاخِنِ . فَيَتَبَخَّرُ الماءُ مِن السَّائِلِ مُبَاشَرَةً ، وَيُخَلِّفُ مَسْحُوقًا يُعَالَجُ لِيُصْبِحَ بِلُّورَاتٍ مُمَاثِلَةً لِلْمُتَكَوِّنَةِ بِطَرِيقَةِ التَّجْمِيدِ الْجَافِّ .

طَرِيقَانِ إِلَى القَهْوَةِ الْفَوْرِيَّةِ



١ تُحَمَّصُ حُبُوبُ الْبُنِّ لِتَقْوِيَةِ نَكْهَتِهَا ثُمَّ تُطْحَنُ . وَيُضَافُ إِلَيْهَا مَاءٌ يَغْلِي فَتَتَكَوَّنُ قَهْوَةٌ سَائِلَةٌ مُرَكَّزَةٌ .

٢ فِي التَّجْمِيدِ الْجَافِّ ، يَتَحَوَّلُ سَائِلُ الْقَهْوَةِ عِنْدَ −٤٠°م إِلَى كُتْلَةٍ مُتَمَاسِكَةٍ كَقَالِبِ الشِّيكُولَاتَةِ . ثُمَّ تُكَسَّرُ إِلَى حُبَيْبَاتٍ دَقِيقَةٍ .

٣ حُبَيْبَاتُ الْبُنِّ الْمُتَجَمِّدِ تَكُونُ مُمْتَلِئَةً بِالْجَلِيدِ ، الَّذِي يُزَالُ فِي غُرْفَةِ التَّجْفِيف .

٢ يُدْفَعُ الْهَوَاءُ السَّاخِنُ خِلَالَ ضَبَابٍ مِنْ سَائِلِ الْقَهْوَةِ الْمُرَكَّزِ (أسفل) فَيَتَبَخَّرُ الْمَاءُ من السَّائِلِ .



مُجَفِّفُ هَوَاءٍ سَاخِنٍ

٣ الماءُ المتبَخِّرُ يُخلِّف وَرَاءَه دَقَائِقَ مِن الْبُنِّ النقِّى ، تَتَجَمَّعُ مَعًا فِى حُبَيْبَاتٍ أَكْبَرَ .





مَسْحُوقُ الْقَهْوَةِ الْفَوْرِيَّةِ يُحضَّرُ بِطَرِيقَةِ الرَّشِّ الْجَافِّ .

٤ الضَّغْطُ الْمُنْخَفِضُ فِى غُرْفَةِ التَّجْفِيفِ يَجْعَلُ الْجلِيد فِى حُبَيْبَاتِ الْبُنِّ يَتسامَى . وَتَتَبَقَّى حُبَيْبَاتٌ مَسَامِيَّةٌ مِن الْقَهْوَةِ الْفَوْرِيَّةِ .





حُبَيْبَاتُ الْقَهْوَةِ الْفَورِيَّةِ تُحضَّرُ بِطَرِيقَةِ التَّجْمِيدِ الْجَافِّ .

ذَوَبَانٌ سَرِيعٌ

تَذُوبُ الْقَهْوَةُ الْفَوْرِيَّةُ بِسُرْعَةٍ لِأَنَّ بلُورَاتِهَا مَسامِيَّةٌ . وَعِندمَا تُلامِسُ الْمَاءَ ، فَإِنَّهُ يَتَخَلَّلُ هَذِهِ الْمَسَامَّ ، فَيُذِيبُ الْبِلُّورَاتِ مِن الدَّاخِلِ ومن الْخَارِجِ.



كَيْفَ تُحْفَظُ الأَغْذِيَةُ ؟

يَفسُدُ الطَّعَامُ لِسَبَبَيْنِ رَئِيسِيَّيْنِ . فَفِى الْخضْرَاوَاتِ والْفَاكِهَةِ ، يُمْكِنُ لِعَمَلِيَّةِ النُّضجِ الطَّبِيعِيَّةِ ــ الَّتِى تَحْدُثُ بِاسْتِمْرَارِ التَّنفُّسِ الْخلَوِىِّ بَعْدَ قَطْفِ الْغِذَاءِ ــ أَنْ تَزِيدَ نُضْجَهَا لِدَرَجَةِ التَّهَرُّؤِ ، فَتكونُ غَيْرَ صَالِحَةٍ لِلْأَكْلِ . أَوْ فِى عَمَلِيَّةٍ تُؤَثِّرُ عَلَى جَمِيعِ أَنْوَاعِ الْغِذَاءِ ، فَإِنَّ الْمُتعَضِّيَاتِ الْمِجْهَرِيَّةِ الَّتِى تَشْمَلُ الْبكْتِرْيَا وَالْعفَنَ والْخمِيرةَ قَدْ تُهَاجِمُ الغِذَاءَ وَتُسبِّبُ فَسَادَهُ . وَلأَكْثَرَ مِنْ أَلْفِ عَامٍ طَوَّرَ الْعُلَمَاءُ وَالطُّهَاةُ عِدَّةَ طُرُقٍ لِحفْظِ الغِذَاءِ تُؤَخِّرُ أَوْ تَمْنَعُ بِنَجَاحٍ هَاتَيْنِ الْعَمَلِيَّتَيْنِ .

وَلأَنَّ الْمُتَعَضِّيَاتِ الْمِجْهَرِيَّةَ الَّتِى تُتْلِفُ الْغِذَاءَ تَعِيشُ فَقَط تَحْتَ شُرُوطٍ خَاصَّةٍ مِنْهَا الْأُكْسُجِينِ والرُّطُوبَةُ وَدرجَاتُ الحرارَةِ الدَّافِئَةِ ، فَمِن الْمُمْكِنِ تَخْرِيبُ هَذِهِ الْمُتَعَضِّيَاتِ بِتَغْيِيرِ هَذِهِ الشُّرُوطِ . فَتخْزِينُ الْغِذَاءِ فِى دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ مُنْخفِضَةٍ أَو تَعْقِيمُه بِالتَّسْخِينِ يُؤَخِّرُ فَسَادَه . وَفِى بَعْضِ الطُّرُقِ الْأُخْرَى لِحفْظِهِ ، يُقَلِّلُ تَعَرُّضُ الغِذَاءِ لِلأُكْسُجِين فَتَمْنَعُ زِيَادَةَ نُضْجِهِ وَتَعُوقُ نُمُوَّ الْبكْتِرِيَا ، مِثْلَ تَغْلِيفِهِ بالتَّفْرِيغِ أَوْ تَخْزِينِه مَع كَمِّيَّةٍ مِنْ ثَانِى أُكْسِيد الْكَرْبُون . ومن التَّقْنِيَّاتِ الْأُخْرَى تَجْفِيفُ الْغِذَاءِ ، وَحِفْظُه مَعَ الْمِلْحِ أَو السُّكَّرِ .

الشُّرُوطُ الْمُنَاسِبَةُ

يَتَوَقَّفُ التحكُّمُ فِى عَدَمِ فَسَادِ الْغِذَاءِ غَالِبًا ، عَلَى جَعْلِهِ أَقَلَّ قَابِلِيَّةً لِاسْتِضَافَةِ الْمُتَعَضِّيَاتِ الْمِجهَرِيَّةِ الضَّارَّةِ . وَذَلِكَ بِتَقْلِيلِ كَمِّيَّةِ الرُّطُوبَةِ فِيهِ ، وَخَفْضِ دَرَجَةِ حَرَارَتِه ، وَزِيَادَةِ حِمْضِيَّتِهِ .



طُرُق حِفْظِ الْغِذَاء

تَخزِينٌ فِى جَوٍّ مُرَاقَبٍ

يُخَزَّنُ الْغِذَاءُ فِى جَوٍّ مُتَحَكَّمٍ فِيهِ ، يَحْتَوِى عَلَى ١-٣٪ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ . فَيُبْطِئُ تَنَفُّسَ الْغِذَاءِ وَفَسَادَه لِنَقْصِ نِسْبَةِ الْأُكْسُجِين .

إِيقَافُ التَّنَفُّس لإِبْطَاءِ النُّضْجِ الزَّائِد

الاحْتِفَاظُ بِه بَارِدًا

التَّخْزِينُ الْبَارِدُ يُقَلِّلُ تَنَفُّسَ الْغِذَاءِ وَيُبْطِئُ النُّضْجَ الزَّائِدَ . كَمَا يَحُدُّ مِنْ نُمُوِّ الْبكْتِريَا الضَّارَّةِ .

تَغْلِيفٌ مُفَرَّغٌ لِلْأَغْذِيَةِ

وَهُوَ حِفْظُ الْأَغْذِيَةِ فِى عُبُوَّاتٍ مُفَرَّغَةٍ مِن الْهَـوَاءِ ، فَيَعْزِلُهَـا عَـن الْأُكْسُجِينِ وَالْمُتَعَضِّيَاتِ الْمِجْهَرِيَّةِ . وَمِثْلُ هَـذِهِ الْأَغْذِيَةِ تَحْتَفِظُ بِطَعْمِهَا وَرَائِحَتِهَا مُدَّةً طَوِيلَةً .



التَّعْلِيبُ

الْغِذَاءُ الْمُعَلَّبُ يُعَقَّمُ بِالتَّسْخِينِ ثُمَّ يُعَبَّأُ فِى الْفَرَاغِ لِتَلافِى التَّلَوُّثِ . وَهِىَ طَرِيقَةٌ شَائِعَةٌ لِسُهُولَةِ تَعْلِيبِهِ وَنَقْلِهِ واسْتِعْمَالِه ، حَيْثُ يُعَبَّأُ فِى عُلَبٍ أَوْ بَرْطَمَانَاتٍ .



مِلْحٌ

يَمْتَصُّ المِلْحُ الماءَ مِنْ خَلَايَا الْغِذَاءِ ، فَيَحْرِمُ الْبَكْتِرْيَا مِن الرُّطُوبَةِ التى تَحْتَاجُهَا لِتَعِيشَ .

مَنْعُ نُمُوِّ الْمُتَعَضِّيَاتِ الْمِجْهَرِيَّةِ



اسْتِخْدَامُ الْمِلْحِ لِحِفْظِ الْغِذَاءِ

يُسْتَخْدَمُ الْمِلْحُ والسُّكَّرُ لِسَحْبِ الرُّطُوبَةِ مِن الْغِذَاءِ . فَكُلَّمَا قَلَّ الماءُ فِى الغِذَاءِ ، كُلَّمَا صَعُبَ على البَكْتِرْيَا الْحَيَاةُ فِيهِ .

كَيْفَ يَزِيدُ نُضْجُ الثِّمَارِ

الخَضْرَاوَاتُ والفَاكِهَةُ تَنْضُجُ مَادَامَتْ خَلَايَاهَا تَتَنَفَّسُ الْأُكْسُجِينَ . وَيَحْدُثُ النُّضْجُ الزَّائِدُ عِنْدَمَا يَسْتَمِرُّ الغِذَاءُ فِى امْتِصَاصِ الْأُكْسُجِينِ بَعْدَ أَنْ أَصْبَحَ نَاضِجًا .

الأُكْسُجِين يُغَيِّرُ الْغِذَاءَ

عِنْدَمَا يَتَنَفَّسُ الغِذَاءُ ، فَإِنَّهُ يَأْخُذُ الأُكْسُجِينَ وَيَطْرُدُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ . وَعِنْدَمَا تَقِلُّ نِسْبَةُ الْأُكْسُجِينِ يَقِلُّ التَّنَفُّسُ ، فَتُبْطِئُ عَمَلِيَّةُ النُّضْجِ الزَّائِدِ .



طَرْدُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ

تَجْمِيد



التَّجْمِيد

التَّجْمِيدُ يَجْعَلُ الْغِذَاءَ فِى نَوْعٍ مِن الْحَيَاةِ الْمُعَلَّقَةِ . فَيَتَوَقَّفُ التَّنَفُّسُ الْخَلَوِىُّ والنُّضْجُ الزَّائِدُ ، وَالبُرُودَةُ تَمْنَعُ نُمُوَّ البَكْتِرِيَا .

مَا هِىَ مُكْسِبَاتُ النَّكْهَةِ لِلْغِذَاءِ ؟

مِنْ قَصَبِ سُكَّرٍ إلَىMGS

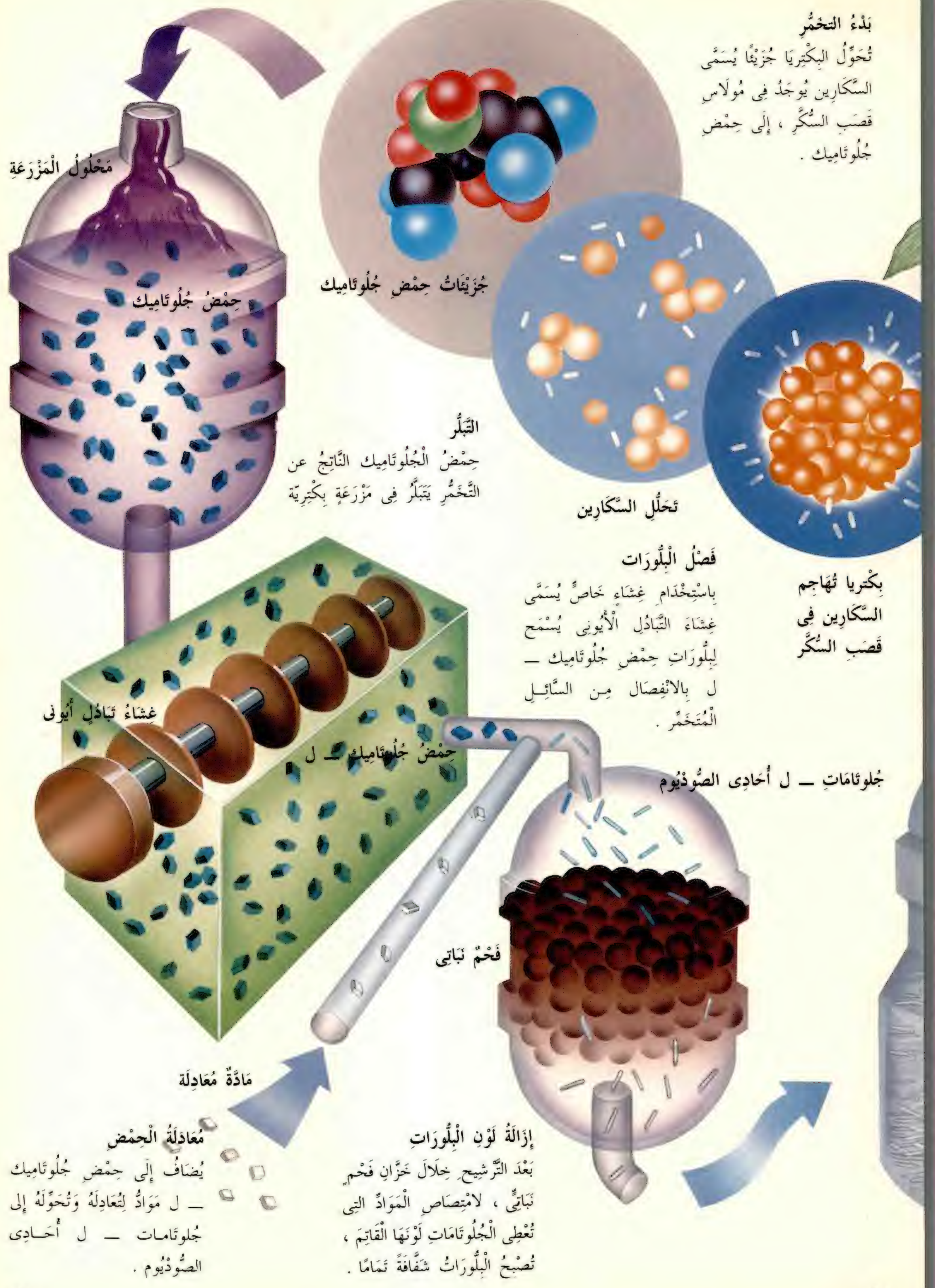


مكْسِبَاتُ النَّكْهَةِ هِىَ مَوَادُّ تَزِيدُ إِدْرَاكَ الْأَشْخَاصِ لِلْمَذَاقَاتِ الْمُخْتَلِفَةِ . وَأَكْثَرُهَا اسْتِخْدَامًا هُوَ جُلُوتَامَاتُ أُحَادِى الصُّودْيُوم (MGS) وَهُوَ مُشْتَقٌّ مِن حِمْضِ الْجُلُوتَامِيك ، أَحَدُ العِشْرِين حِمْضًا أَمِينِيًّا الَّتِى يَسْتَخْدِمُهَا الجِسْمُ لِصُنْعِ الْبُروتِينَاتِ .

وَتَبْدَأُ عَمَلِيَّةُ إِنْتَاجِهِ صِنَاعِيًّا بِالْمُولَاس ، أَحَدِ الْمُنْتَجَاتِ الْجَانِبِيّةِ لِتَكْرِيرِ قَصَبِ السُّكَّرِ . فَبِتَخْمِيرِ الْمُولَاسِ فِى خَزَّانٍ بِهِ بِكْتِرِيَا خَاصَّةٌ ، يَنْتُجُ حِمْضُ الْجُلُوتَامِيك . وَيَكُونُ فِى هَذِهِ اللَّحْظَةِ لَهُ نَوْعَانِ مِن الْجُزَيْئَاتِ . وَرَغْمَ أَنَّ الذَّرَّاتِ الْفَرْدِيَّةَ مُتَّصِلَةٌ بِنَفْسِ التَّرْتِيب ، إِلَّا أَنَّ كُلًّا مِن نَوْعَى الْجُزَيْئَاتِ صُورَةٌ بِالمِرْآةِ لِلنَّوعِ الآخَرِ . وَأَحَدُ النَّوْعَيْنِ فَقَط ، الْمُسَمَّى حِمْضَ جُلوتَامِيك ــ ل ، هُوَ الْمُسْتَخْدَمُ مُكْسِبًا لِلنَّكْهَةِ . فَيُعْزَلُ هَذَا النَّوْعُ عَن النَّوْعِ الآخَرِ عَدِيمِ الْفَعَالِيَّةِ . ثُمَّ يُحَوَّلُ إِلَى جُلوتَامَاتِ أُحَادِى الصُّودْيُوم وَهِى مِلْحُهُ الصُّودْيُومِى وَبَعْدَ إِزَالَةِ لَوْنِ MGS حَتَّى لَا تُغيِّر مَظْهَرَ الغِذَاءِ ، تَكُونُ جَاهِزَةً لِلاسْتِخْدَامِ فِى الطَّهْىِ .

لَيْسَت لِكُلِّ شَخْصٍ

رَغْمَ أَنَّ جُلوتَامَاتِ أُحَادِى الصُّوْيوم الْمُسْتَخْلَصَةَ مِنْ قَصَبِ السُّكَّرِ ، غَيْرُ ضَارَّةٍ لِمُعْظَمِ الْأَشْخَاصِ ، إِلَّا أَنَّهَا قَدْ تُسَبِّبُ صُدَاعًا ، وَآلَامًا مَعِدِيَّةً ، وَنُعَاسًا ، وَأَحْيَانًا تَصَلُّبَ الْمَفَاصِلِ عِنْدَ بَعْضِ الْأَشْخَاصِ .



بَدْءُ التخمُّرِ

تُحَوِّل البكْتِريَا جُزَيْئًا يُسَمَّى السَّكَارِين يُوجَدُ فِي مُولَاسِ قَصَبِ السُّكَّرِ ، إلَى حِمْضِ جُلُوتَامِيك .

التَّبلُّر

حِمْضُ الْجُلُوتَامِيك النَّاتِجُ عن التَّخَمُّرِ يَتَبَلَّرُ فِي مَزْرَعَةٍ بِكْتِرِيَّة

فَصْلُ الْبلُّورات

باسْتِخْدَامِ غِشَاءٍ خَاصٍّ يُسَمَّى غِشَاءَ التَّبَادُلِ الأيُونِي يُسْمَح لِبلُّورَاتِ حِمْضِ جُلُوتَامِيك ــ ل بِالانْفِصَال مِن السَّائِلِ الْمُتَخَمِّر .

مُعَادَلَةُ الْحِمْضِ

يُضَافُ إلَى حِمْضِ جُلُوتَامِيك ــ ل مَوَادُّ لِتُعَادِلَهُ وَتُحَوِّلَهُ إلَى جُلوتَامات ــ ل أُحَادِي الصُّودْيُوم .

إزَالَةُ لَوْنِ الْبلُّورَاتِ

بَعْدَ التَّرْشِيحِ خِلَالَ خزَّانِ فَحْمٍ نَبَاتِيٍّ ، لامْتِصَاصِ الْمَوَادِّ التِي تُعْطِي الْجُلُوتَامَاتِ لَوْنَهَا الْقَاتِمَ ، تُصْبِحُ الْبلُّورَاتُ شَفَّافَةً تَمَامًا .

لِمَاذَا يكونُ الجِيلاتِى أَكْثَرَ لِيُونَةً من الْجَلِيدِ ؟

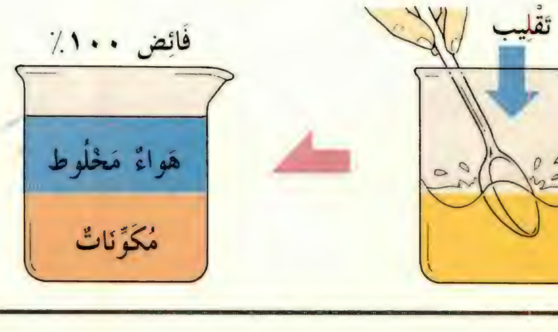


رَغْمَ أنّ الجيلاتِى يَحْتوِى كثيرًا من الماءِ ، إلّا أنّ قَوامَه لَيِّن عِنْدَ ٠°م وهى دَرجَةُ تَجمُّدِ الماءِ . وَسِرُّ هذه اللُّيونَةِ يَكْمُنُ فِى طَبيعةِ مُكوِّناتِه وَطَرِيقةِ ارْتِباطِها .

ولِصناعَةِ الْجِيلاتِى ، يُسْتَخْدَمِ اللَّبَنُ والقِشْدَةُ والبيضُ ومَوادُّ أُخرَى ، تُقَلَّبُ جيِّدًا مع السُّكَّرِ فِى مُجمِّدٍ خاصٍّ . فَيَتجمَّدُ الماءُ أَوَّلًا فى هذِهِ الْمُكوِّناتِ ، تاركًا دَقائِقَ دُهْنِيَّةً فِى هَيْئَةٍ سَائِلَةٍ . ومع اسْتِمْرَارِ التَّقْلِيبِ وانْخِفَاضِ دَرَجَةِ الْحَرارَةِ ، تَنْحصِرُ فُقَّاعَاتٌ هَوائِيَّةٌ دَقِيقَةٌ فِى الْمَزِيجِ . وَهَذِهِ الفُقَّاعَاتُ وكُرَيَّاتُ الدُّهْنِ تَفْصِلُ بِلُّورَاتِ الْجَلِيدِ ، فَتَمْنَعُ الْجَلِيدَ من تَكْوِين كُتَلٍ كَبِيرَةٍ تَجْعَلُ الْجِيلاتِى جامِدًا . وَيُحِبُّ البَعْضُ أَنْ يَصْنَعُوا الجِيلاتِى بِأَنْفُسِهِم ، مُسْتَخْدِمِينَ مُجَمِّدًا مَنْزِلِيًّا خاصًّا . فَتُوضَعُ الْمُكوِّناتُ فِى تَجْوِيفِ الْمُجَمِّدِ الْمُحَاطِ بِالْمِلحِ والجَلِيدِ الْمَجْرُوشِ لِيُنْتِجَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْمُنْخَفِضَةَ اللَّازِمَةَ . وَيُقَلَّبُ الْمَزِيجُ بِمُقَلِّبٍ خاصٍّ يُحَرَّكُ بِذِرَاعٍ يَدَوِيَّةٍ أو مُحَرِّكٍ كَهْرَبِىٍّ . ولأَنَّ الْآلاتِ الصَّغِيرَةَ لا تَسْتَطِيعُ تَقْلِيبَ الْمُكوِّنَاتِ جَيِّدًا مِثْلَ الْآلاتِ الصِّناعِيَّةِ ، فَإِنَّ الْمُنْتَجَ الْمَنزِلِىَّ يَحْتوِى هَوَاءً أَقَلَّ ، وَلا يَكُونُ فِى نُعُومَةِ المنتجِ التِّجَارِىِّ .

الجِيلَاتِى الْمَمْخُوض

الْهَواءُ الْمَخْفُوقُ فِى الجِيلَاتِى أَثْنَاءَ تَقْلِيبِهِ يُسَمَّى الْفَائِضَ . فَإِذَا خُلِطَ حَجْمٌ من الْهَواءِ فِى حَجْمٍ مُسَاوٍ مِن الْمُكَوِّنَاتِ ــ مَثَلًا ــ كَانَ النَّاتِجُ حَجْمَيْن من الجِيلَاتِى ، وَيَكُونُ الْفَائِضُ ١٠٠٪. والجِيلَاتِى الْعادِى يَكُونُ الفائِضُ فِيه عَادَةً من ٦٠ ــ ٧٠٪ بمعْنَى أَنَّ الهواءَ قَدْ زَادَ مِنْ حَجْمِ الجيلاتِى بِهَذِهِ النِّسبَةِ . أَمَّا فى الجيلاتِى اللَّيِّن يكُونُ الفائِضُ من ٣٠ ــ ٨٠٪، وفى الْجَرانِيتا من ٢٠ ــ ٦٠٪ .



مَزِيجٌ لَذِيذُ الطَّعْمِ مِنْ جَامِدٍ وَسَائِلٍ وَغَازٍ

أَهَمُّ شَيْئَيْنِ لِصِنَاعَةِ الجيلاتِى هُمَا الدُّهْنُ النَّاتِجُ من الْمُكَوِّنَاتِ ، وَفُقَّاعَاتُ الهواءِ النَّاتِجَةُ عَن التَّقْلِيبِ الْعَنِيفِ .



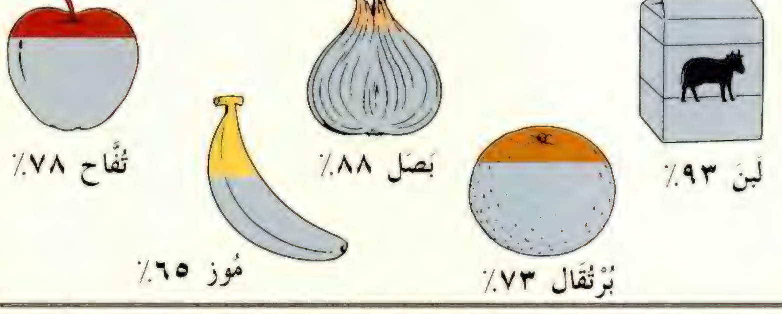
١ تُحَاطُ فُقَّاعَاتُ الْهَوَاءِ الدَّقِيقَـةُ فى الجيلاتِـى بِبلُورَاتِ الْجَلِيدِ وكُرَيَّاتِ الدُّهْنِ السَّائِلِ .

٢ مَع انْخِفَاضِ دَرجةِ الْحَرَارَةِ ، تَكْبُرُ بلُورَاتُ الجليدِ . ولكِنَّ التَّقلِـيبَ الْمُسْتَمِرَّ يمنعُ زِيَادَةَ نُمُوِّهَا ، وَيَجْعَلُ البِلُّوراتِ صَغِيرَةً مُتَبَاعِدَةً .

٣ عِنْدَ دَرَجاتِ الحَرَارَةِ الْمُنْخفِضَةِ جِدًّا ، تَكْثُـرُ بلُورَاتُ الْجَلِيدِ وَيَـزْدَادُ تَرْكِيزُ كُرَيَّاتِ الدُّهْنِ . ولَكِنْ فُقَّاعَاتُ الهواءِ تَمْنَعُ المكَوِّنَاتِ من الْجُمُـودِ الشَّدِيدِ .

لِمَاذَا يَكونُ لِلأَغْذِيَةِ دَرَجاتُ تَجَمُّدٍ مُخْتَلِفَةٌ

سُرْعَةُ تَجَمُّدِ الْأَغْذِيَةِ تَخْتَلِفُ طِبْقًا لِنِسْبَةِ الرُّطوبَةِ بِهَا . واللَّبَنُ والْبَصَلُ من الْأَغْذِيةِ ذَاتِ مُحْتَوًى مَائِىٍّ عَالٍ ، فَعِنْدَ ــ ١٥°م يتَجَمَّدُ ٩٣٪ من اللَّبن ، ٨٨٪ من الْبَصَل . وعند نَفْسِ الدَّرَجَةِ يَتَجَمَّدُ حوالى ٧٠٪ من التُّفَّاحِ والْبُرْتُقَالِ ، ٦٥٪ من الموز .



لِمَاذَا يُصْبِحُ البَيْضُ المغْلِىُّ جامِدًا ؟



جُمُودُ الْبُرُوتِين

١ تَتَداخلُ جُزَيْئَاتُ بُروتِينِ البَيضَةِ الْخامِ فِى تَركِيبٍ مُعَقَّدٍ ثُلاثِىِّ الأبْعَادِ . وَلأنَّ الْبُرُوتِينَاتِ الْفَرِيدَةَ تَتحرَّكُ بحُرِّيَّةٍ ، فَإنَّ بياضَ الْبَيْضِ وَصَفَارَه يَظَلُّ سائِلًا .



السَّائِلُ الدَّاخِلِىُّ لِلْبَيْضَةِ الخامِ يُصْبحُ جامِدًا إذَا تَمّ غلْيُهُ فِى الماءِ ، لِأَنَّ حَرَارَةَ الماءِ الكَثِيفَةَ تُغيِّرُ تَرْكِيبَ بُروتِينَاتِ البَيْضَةِ . فِى دَرَجَةِ حَرَارَةِ الْغُرْفَةِ تَكُونُ جُدَيْلَاتُ البُرُوتِينِ مَطْوِيَّةً بِإحْكَامٍ فِى تَرْتِيبٍ مُعَقَّدٍ ثُلَاثِىِّ الْأَبْعَادِ . وفِى دَرَجَاتِ الحَرَارَةِ الأَعْلَى تَرْتَخِى الجُدَيْلَاتُ ، وَبَيْنَمَا تنحلُّ تُصْبِحُ نِهَايَاتُهَا مَكشُوفَةً ، فَتَرْتَبِطُ بِجُدَيْلاتِ الْبروتِينَاتِ الْأُخْرَى ، وتثْبُتُ الْبروتِينَاتُ الْفَرْدِيَّةُ فِى نَسِيجٍ يَجْعَلُ الْبَيْضَةَ جَامِدَةً . ولاخْتِلَافِ تَرْكِيبِ بُروتِينِ مح البَيْضَةِ وَزُلَالِهَا اخْتِلافًا قَلِيلًا ، فَإنَّهُمَا يَجْمُدَانِ فِى دَرَجَتَىْ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَتَيْنِ . وَلايُوجَدُ سِوَى تَغَيُّرٍ بَسِيطٍ فِى كُلٍّ من الْمُحِّ والزُّلَالِ عند ٦٠°م . وَلَكِنْ فَوْقَ هذه الدَّرجَةِ ، يَتحَوَّلُ الزُّلَالُ إلَى مَايُشْبِهُ الهُلَامَ نِصفَ الشَّفَّافِ . أَمَّا المُحُّ فَيُصْبِحُ لَزِجًا بَعْضَ الشَّىْءِ عند ٦٥°م وَيَبْدأُ الْجُمُودُ عند ٧٠°م . وعند هذه الدَّرَجَةِ تُصبحُ الْبَيْضَةُ نِصْفَ نَاضِجَةٍ . وَيُصْبِحُ الزُّلَالُ جَامِدًا كُلِّيَّةً عند ٨٠°م . وعند ٨٥°م تكونُ الْبَيْضَةُ مَسْلُوقَةً جيِّدًا .

٢ عِنْدَ وَضْعِ الْبَيْضَةِ فى ماءٍ يَغْلى ، تَلِينُ الالْتِفَافَاتُ فى كُلِّ جُدَيْلَةِ بُروتِين وتَسْتَقِيمُ لِلْخارِجِ . فَتُصْبِحُ نِهَايَاتُ الْبُروتِينِ التى كانَتْ تَحْمِيها الطَّيَّاتُ ، مَكْشُوفَةً .





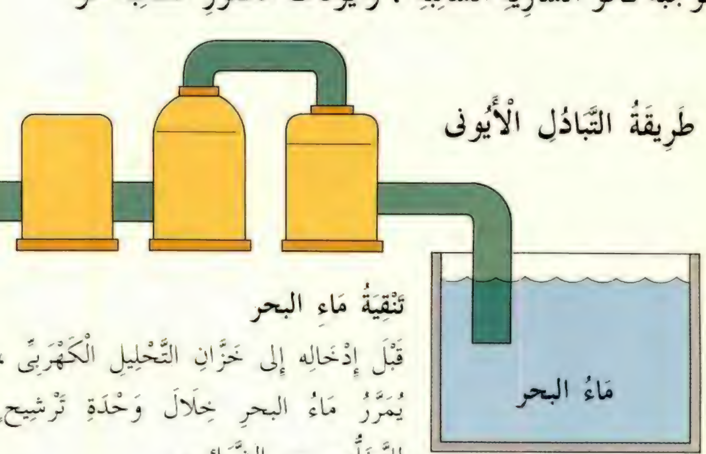
٣ عندما تَصِلُ دَرَجَةُ الحَرَارةِ إلى ٦٠°م (١٤٠°ف)، فَإِنَّ نِهَايَاتِ الْبُروتِين تَتَّصِلُ مَعًا فى رَوَابِطَ تُشْبِهُ الْجُسُورَ ، كما تَتَّصِلُ أَيْضًا من نِقَاطٍ أُخْرَى بِجُدَيْلَاتِ الْبُرُوتِين . وهذِهِ الرَّوابِطُ الْجَدِيدَةُ تُقَيِّدُ حُرِّيَّةَ الْبُرُوتِين فى الْحَرَكَةِ فَتُصْبِحُ الْبَيْضَةُ جَامِدَةً .



كَيْفَ يُسْتَخْلَصُ الْمِلْحُ مِنَ الْبَحْرِ ؟

يُصْنَعُ مِلحُ الطَّعامِ فى الوِلَاياتِ الْمُتَّحِدَةِ بعَزْلِهِ مِنْ رَواسِبِ الْمِياهِ الْجَوْفِيَّةِ شَدِيدَةِ الْمُلُوحَةِ . وَلَكِنْ فِى الْبِلاد التى تَقِلُّ فِيهَا هذِه الرَّواسِبُ ، يُسْتَخلَصُ الْمِلْحُ مِن مِياهِ الْبِحارِ . وَيُسْتَخْدَمُ تَيَّارٌ كَهْرَبِىٌّ لِعَزْلِه لِأَنَّ كُلًّا مِنْ أَيُونَى الصُّودْيُوم وَالْكُلُورِ فِى مِلْحِ الطَّعَامِ مَشْحُونَانِ بالكَهْرَبِيَّةِ .

وَبَعْدَ التَّرْشيح لِفَصْلِ الشَّوَائِبِ ، يُضَخُّ مَاءُ الْبَحْرِ فِى خَزَّاناتٍ بها سارِيَتانِ : مُوجَبَةٌ وَسالِبَةٌ . وَبِمرُورِ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِىِّ بين السَّارِيَتَيْنِ ، تَتَحَرَّكُ أَيُوناتُ الصُّودْيُوم الموجَبَةُ نَحْوَ السَّارِيَةِ السَّالِبَةِ ، وَأَيُوناتُ الكُلُورِ السَّالِبَةُ نحو السَّارِيَةِ الموجَبَةِ . وَتَمُرُّ الْأَيُوناتُ خِلَالَ تَحَرُّكِهَا مِن أَغْشِيَةِ تَبادُلِ الْأَيُوناتِ . أولُهما ، يُسَمَّى غِشاءَ تَبادُلِ الْأَيُوناتِ السَّالِبَةِ ، وَيَسْمَحُ بِمُرُورِ الْأَيُوناتِ السَّالِبَةِ فَقَط ، بَيْنَمَا يَسْمَحُ الثَّانِى وَهُوَ غِشاءُ تَبادُلِ الْأَيُوناتِ الْمُوجَبَةِ ، بِمُرُورِ الأَيُوناتِ الْمُوجَبَةِ . وَبِتَغْيِيرِ تَرْتِيبِ هَذِهِ الأَغْشِيَةِ تُضْطَرُّ أَيُوناتُ الصُّودْيُومِ والْكُلُورِ لِلتَّجمُّعِ مُكَوِّنَةً مَناطِقَ من الْمَاءِ الْمَالِحِ الْمُرَكَّزِ . وَتُضَخُّ هَذِه المِياهُ الْمِلْحِيَّةُ الْمُرَكَّزَةُ خارِجَ الْخَزَّانِ لِيَتِمَّ تَبْخِيرُهَا ، فَتتْرُكَ بِلُّوراتٍ مِنْ مِلْحِ الطَّعامِ .

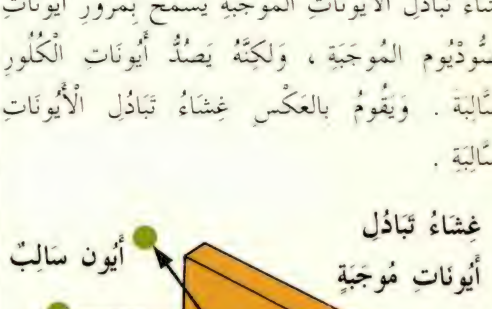


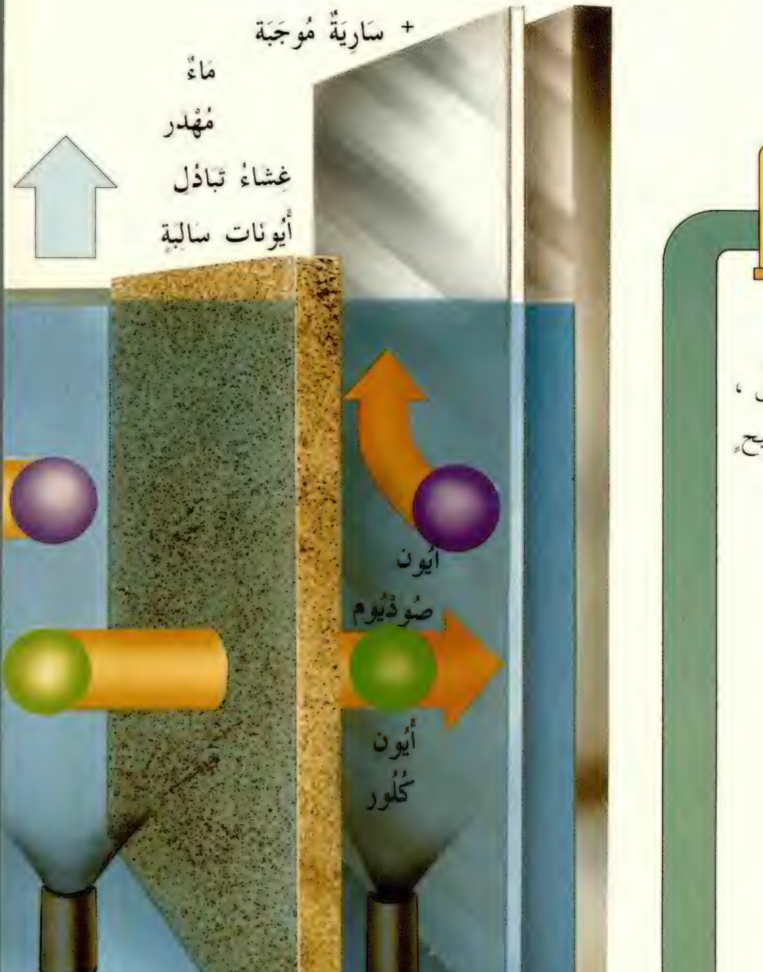
تَنْقِيَةُ مَاءِ البحر

قَبْلَ إِدْخالِه إلى خَزَّانِ التَّحْلِيلِ الْكَهْرَبِى ، يُمَرَّرُ مَاءُ البحرِ خِلَالَ وَحْدَةِ تَرْشِيحٍ لِلتَّخَلُّصِ مِن الشَّوائِبِ .

فَصْلُ الْأَيُوناتِ بِالشَّحْنَةِ الكَهْرَبِيَّةِ

غِشاءُ تَبادُلِ الْأَيُونَاتِ الْمُوجَبَةِ يَسْمَحُ بِمُرُورِ أَيُوناتِ الصُّودْيُوم المُوجَبَةِ ، ولَكِنَّهُ يَصُدُّ أَيُوناتِ الْكُلُورِ السَّالِبَةِ . وَيَقُومُ بالعَكْسِ غِشاءُ تَبادُلِ الْأَيُوناتِ السَّالِبَةِ .





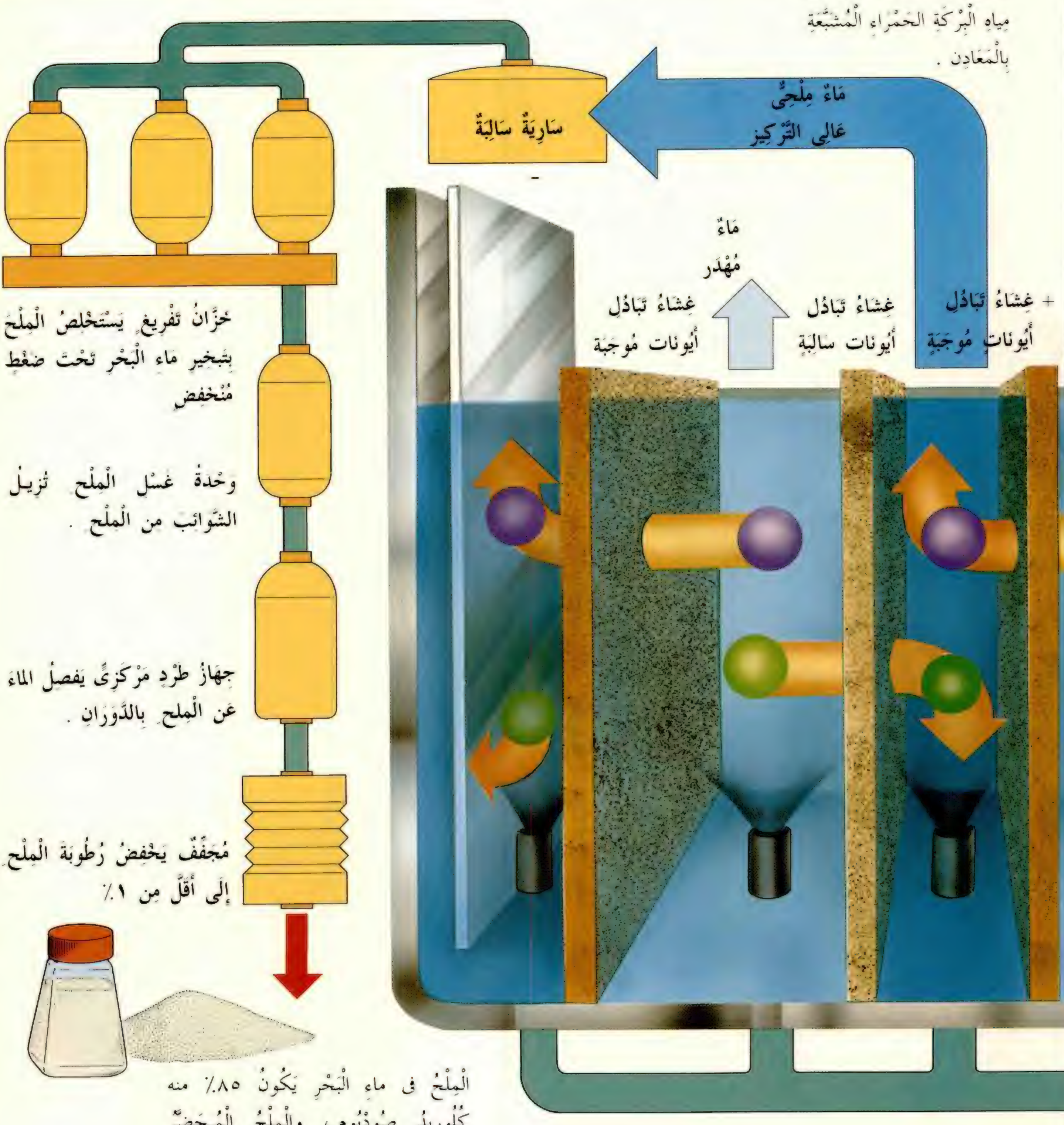
خَزَّانُ الْفَرْزِ بالانْتِشارِ الْغِشائِى يَزِيدُ تَرْكِيزَ الْمِلْحِ فى مَاءِ الْبَحْرِ ، الَّذِى يَحْتَوِى عَادَةً عَلَى حَوالَى ٣٪ مِلْحٍ .

مِلْحُ الْأَرْضِ

يُوجَدُ فِى الطَّبِيعَةِ تَكْوِينَاتٌ مُتَنَوِّعَةٌ مِنَ الْمِلْحِ . وَصَحْرَاءُ الْأَتَاكَامَا (يسار) فى شيلى ، هِىَ أَحَدُ الْأَمْثِلَةِ ، وَكَذَلِكَ الْبِرْكَةِ (أقصى يسار) فى أَحَدِ وَاحَاتِ النَّيجَرِ . وتَتَكَوَّنُ أَعْمِدَةُ الْمِلْحِ (الصورة البينية) مِن مِياهِ الْبِرْكَةِ الحَمْراءِ الْمُشْبَعَةِ بِالْمَعَادِنِ .







الْمِلْحُ فِى ماءِ الْبَحْرِ يَكُونُ ٨٥٪ منه كُلُورِيدَ صُودْيُوم ، والْمِلْحُ الْمُحضَّرُ بِالتَّبادُلِ الْأَيُونِى يَكُونُ كُلُّهُ تَقْرِيبا كلوريدَ صُودْيوم نقِيًّا .

كَيْفَ يُنَقَّى مَاءُ الشُّرْبِ ؟

تَتِمُّ تَنْقِيَةُ مِيَاهِ الشُّرْبِ عَلَى عِدَّةِ مَرَاحِلَ . الْمَرحَلَةُ الْأُولَى هِىَ التَّرسِيبُ ، حَيْثُ تَسْتَقِرُّ إِلَى الْقَاعِ الدَّقَائِقُ الْكَبِيرَةُ الْمُعَلَّقَةُ فِى الماءِ . وَالثَّانِيَةُ هِىَ الترشِيحُ ، حَيْثُ يَتِمُّ حَجْزُ الْجَوامِدِ الْمُعَلَّقَةِ وَالبكْتِريَا الضَّارَّةِ . وَالثَّالِثَةُ هِىَ التَّعْقِيمُ حَيْثُ يَتِمُّ إِضَافَةُ الْكُلُورِ – وَهُوَ مُطَهِّرٌ قَوِىٌّ – إِلَى الماءِ لِقَتْلِ الْمُتَعَضِّيَاتِ الْمِجهَرِيَّةِ الْمُتَبَقِّيَةِ .

وَلِسُوءِ الحَظِّ ، فَإِنَّ الْكُلُورَ يُعْطِى الماءَ طَعْمًا سَيِّئًا ، وَإِذَا زَادَتْ كَمِّيَّتُهُ يُسَبِّبُ مُشْكِلَاتٍ صِحِّيَّةً خَطِيرَةً . وَتَسْتَخْدِمُ بَعضُ البلادِ الْأُوزُونَ بَدَلًا منه ، فَهُوَ غَازٌ آمِنٌ عَدِيمُ الطَّعْمِ يَتَكَوَّنُ مِنْ ٣ ذَرَّاتِ أُكْسُجِين مَرْتَبِطَةً مَعًا . وَلِأَنَّ قُوَّةَ الْأُوزُونِ فِى قَتْلِ الْجَرَاثِيمِ لَاتَسْتَمِرُّ طَوِيلًا ، فَمَازَالَ مِنَ الضَّرُورِىِّ إِضَافَةُ قَلِيلٍ من الْكُلُورِ لِيَسْتَمِرَّ التَّطْهِيرُ مُدَّةً أَطْوَلَ .

المَوادُّ الْمُعَلَّقَةُ تَسْتَقِرُّ فِى قَاعِ حَوْضِ التَّرسِيبِ (أسفل) فى الْمَرْحلةِ الْأُولى لِتَنْقِيَةِ المِياهِ الْمُسْتَمَدَّةِ من الْأَنْهَارِ أَوِ الْبُحَيْرَاتِ أَو مَصَادِرَ أُخْرَى .

عِنْدَ تَرْشِيحِ الْمَاءِ ، فَإِنَّ طَبَقَاتِ الرَّمْلِ وَالْحَصَى وَالْفَحْمِ تَحْجِزُ كَثِيرًا من الْبكْتِريَا الضَّارَّةِ حِينَ يَمُرُّ الماءُ خِلَالَهَا .



• عِنْدَ اسْتِخْدَامِ الْأُوزُونِ لِلتَّطْهِيرِ ، فَإِنَّ ذَلك يَتِمُّ قَبْلَ التَّرْشِيحِ . وَيَتَحَلَّلُ الْأُوزُونُ إلى أُكْسُجِين يَقْتُلُ الْجَرَاثِيمَ .

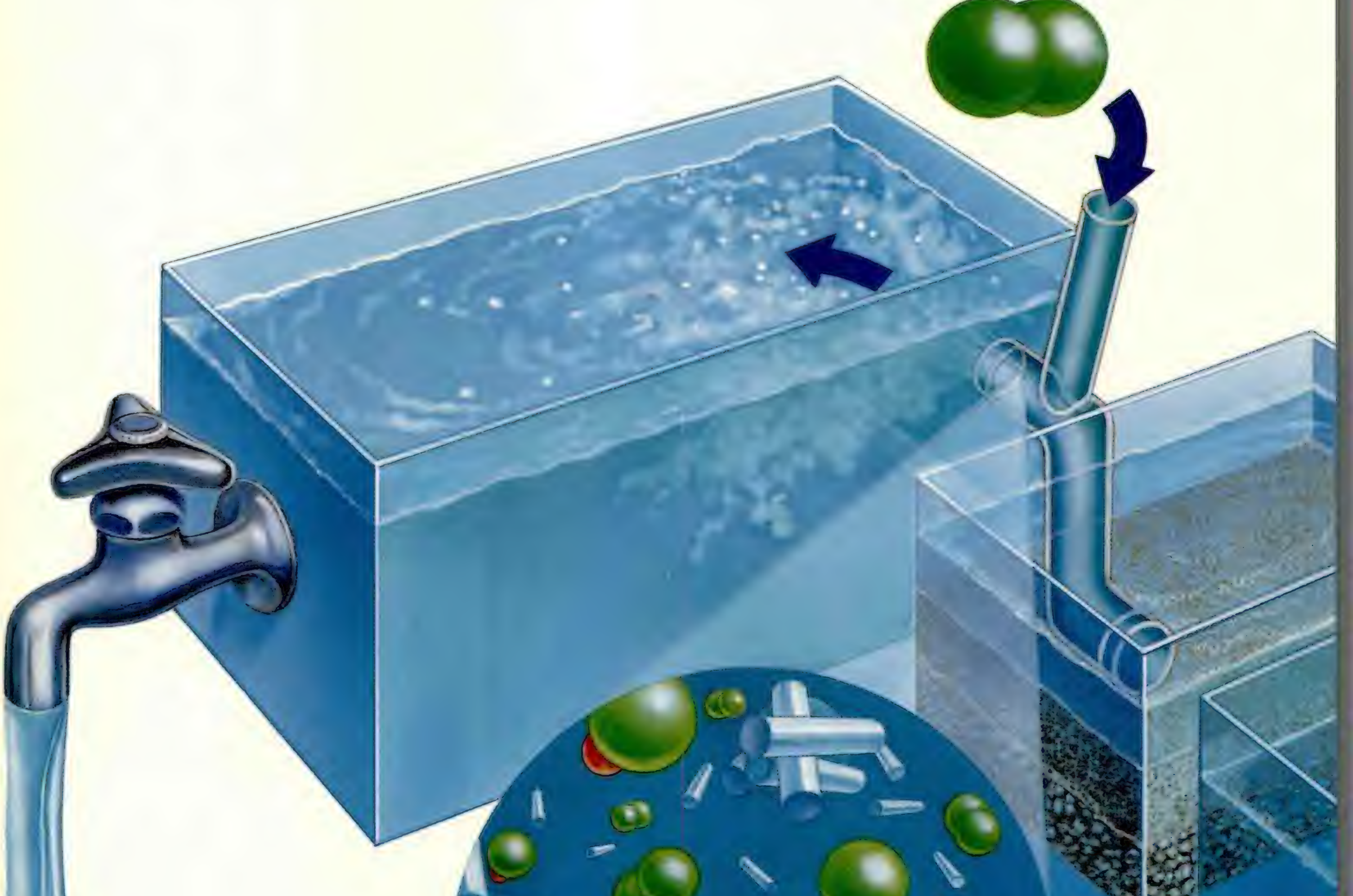
• **كَيْفَ يَعْمَلُ الْأُوزُون**

تَتَّحِدُ ثَلَاثُ جُزَيْئَاتٍ من الْأُكْسُجِين بالتَّفرِيغِ الْكَهْرَبِىِّ لِتُكَوِّنَ جُزَيْئَيْنِ من الْأُوزُون (يمين) وفِى الماءِ ، يَتَفَكَّكُ الْأُوزُون إلى ذَرَّاتِ أُكْسُجِين وَجُزَيْئَاتٍ (أسفل) تَقْتُلُ الْجَرَاثِيمَ .



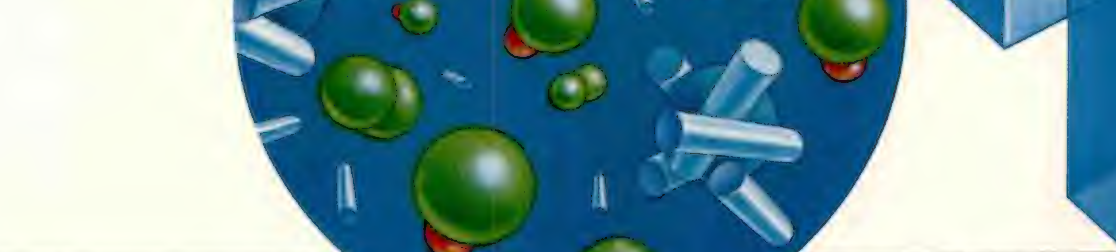
تَطْهِيرٌ كِيمْيَائِيٌّ

إضافَةُ الكُلُورِ إلى الماءِ تَقْتُلُ البِكْتِريا والفَيْرُوسَاتِ ، وَلَكِنَّ الكلورَ قَدْ يُكَوِّنُ هَيْدروكَرْبُوناتٍ كُلُورِيَّةً ضَارَّةً مثل الْكُلُورُفُورم . والْأُوزُونُ أَكْثَرُ تَأْثِيرًا مِن الْكُلُورِ فِى التَّخَلُّصِ مِنَ الْمُتَعضيِّاتِ الْمِجْهَرِيَّةِ السَّامَّةِ ، وَلكِنَّهُ أَكثرُ صُعُوبةً وتَكْلِفَةً للاسْتِعْمَال .



كَيْفَ يَعْمَلُ الْكُلُورُ

اخْتِلاطُ الكلور بِالماءِ يُكَوِّنُ حِمْضَ الْهَيْدُروكُلُوريك والأُكْسُجين ، وكِلَاهُمَا يَقْتُلُ الْجَرَاثِيمَ .



لِمَاذَا يُطْهَى الدَّقِيقُ ؟

الْمكَوِّنُ الرَّئِيسِىُّ لِلدَّقِيقِ هُوَ النِّشَا الَّذِى يَتَكَوَّنُ مِن سَلَاسِلَ طَوِيلَةٍ من جُزَيْئَاتِ الْجُلُوكُوزِ الْمُرْتَبِطَةِ مَعًا . وفى الدَّقِيقِ الخَامِ تُكَوِّنُ هذه السَّلَاسِلُ شَكْلًا صُلْبًا يُسَمَّى نِشَا ــ بيتَا يُقَاوِمُ الْهَضْمَ بواسِطَةِ إنْزِيمَاتِ الْجِسْمِ . وَلَكِنْ عِنْد غَلْى النِّشَا مَعَ الماءِ أَوْ خَبْزِه فِى رَغِيفِ الْخُبْزِ (يسار) يَتَكَسَّرُ تَرْكِيبُهُ الْبِلُّورِىُّ وَتَتخَلَّلُ جُزَيْئَاتُ الماءِ جُزَيْئَاتِ الْجُلُوكُوزِ وَتُكْسِبُ النِّشَا قِوَامَ الْعَجِينَةِ ويُسَمَّى نِشَا ــ أَلْفَا . وحَيْثُ إنَّ الإِنْزِيمَاتِ يُمْكِنُهَا تَكْسِيرُ نِشَا ــ أَلْفَا ، يُصْبِحُ الدَّقِيقُ أَسْهَلَ هَضْمًا .

وَلِسُوءِ الحَظِّ فَإِنَّ نِشَا ــ أَلْفَا يَعُودُ إِلَى حَالَةِ نِشَا ــ بيتَا عِنْدَمَا تَنْخفِضُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ وَتَتَبَخَّرُ الرُّطُوبَةُ . وَهَذَا الْمَيْلُ ، يُعْرَفُ بِظَاهِرَةِ تَعْتِيقِ النِّشَا ، وَيُنْتِجُ شَكْلًا قَاسِيًا مِن نِشَا ــ بيتَا ، كَمَا فِى الْعَيْشِ الْقَدِيمِ ، وَيُصْبِحُ صَعْبَ الْهَضْمِ مَرَّةً أُخرَى .



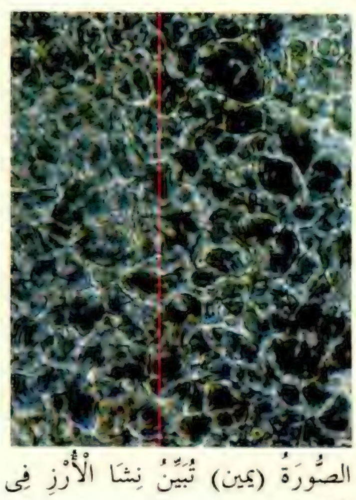
■ تَغْيِيرُ تَرْكِيبِ النِّشَا

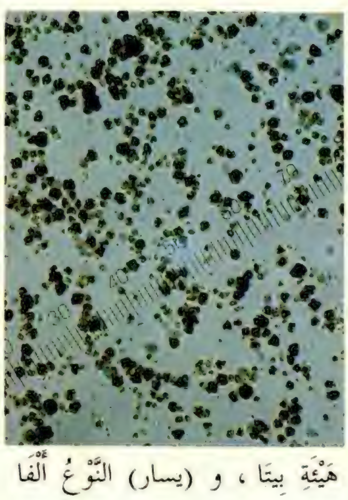
تَرْكِيبُ النِّشَا



النِّشَا الخَامُ أَوْ نِشَا ــ بيتَا ، الْمَوجُودُ فِى حَبَّةِ الْقَمْحِ (أعلى)، يَتَكَوَّنُ مِنْ سَلَاسِلِ جُلُوكُوزٍ مُتَفَرِّعَةٍ كَبِيرَةٍ لَهَا شَكْلٌ بِلُّورِىٌّ مُنْتَظِمٌ .

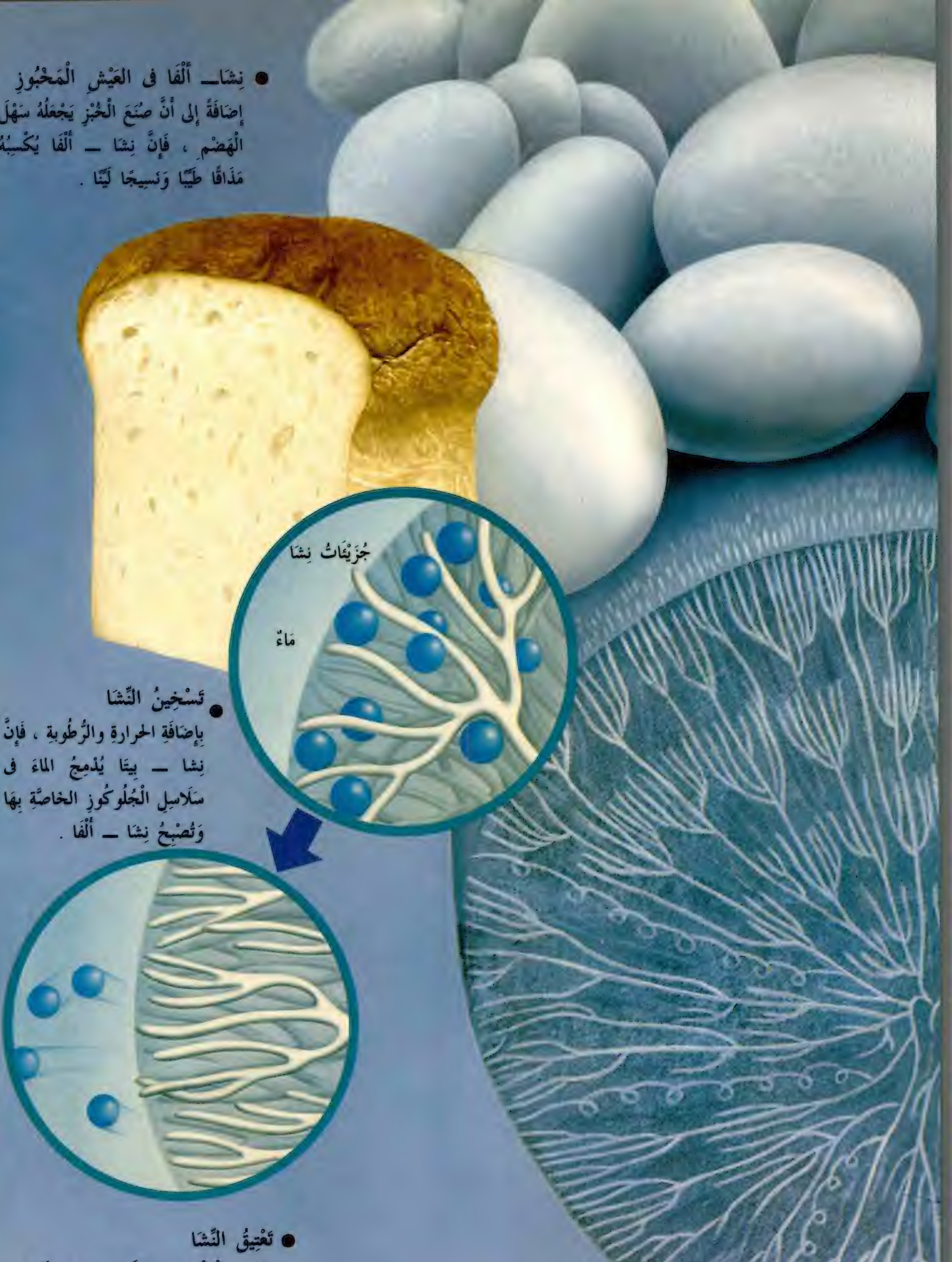
شكلان للنشا





الصُّورَةُ (يمين) تُبَيِّنُ نِشَا الْأُرْزِ فِى هَيْئَةِ بيتَا ، و (يسار) النَّوْعُ أَلْفَا الْمُشَبَّعُ بِالمَاءِ .

• نِشَا ـ أَلْفَا فى العَيْشِ الْمَخْبُوزِ
إضَافَةً إلى أنَّ صُنْعَ الْخُبْزِ يَجْعَلُهُ سَهْلَ الْهَضْمِ ، فَإنَّ نِشَا ـ أَلْفَا يُكْسِبُهُ مَذَاقًا طَيِّبًا وَنَسِيجًا لَيِّنًا .



• تَسْخِينُ النِّشَا
بِإضَافَةِ الحرارةِ والرُّطُوبةِ ، فَإنَّ نِشا ـ بيتَا يُدْمِجُ الماءَ فى سَلَاسِلِ الْجُلُوكُوزِ الخاصَّةِ بِهَا وَتُصْبِحُ نِشَا ـ أَلْفَا .

• تَعْتِيقُ النِّشَا
بِمُرُورِ الْوَقْتِ ، يَتَخلَّصُ نِشَا ـ أَلْفَا من الماءِ ، وَيَعُودُ إلى صُورَةٍ صَعْبَةِ الْهَضْمِ قَرِيبَةٍ جِدًّا مِن صُورَتِها الأَصْلِيَّةِ نِشَا ـ بيتَا .



5 الْهَنْدَسَةُ

أُسْلُوبُ لِلْحَيَاةِ

كَثِيرٌ مِنْ مَظَاهِرِ التَّقَدُّمِ الْكَبِيرَةِ والصَّغِيرَةِ ، فِى تَارِيخِ الْحَضَارَةِ ، سَبَقَتْهَا تَطَوُّرَاتٌ فِى الْكِيمْيَاءِ ، وَلَيْسَ مِنْ قَبِيلَ الصُّدْفَةِ ــ مَثَلًا ــ إِطْلاقُ أَسْمَاءِ بَعْضِ الْعُصُورِ فِى تَارِيخِ الْبَشَرِيَّةِ ــ مِثْلِ عَصْرِ الْبُرُونْزِ وَعَصْرِ الْحَدِيدِ ــ لِأَنَّ ذلك كان بِسَبَبِ الْقُدْرَةِ عَلَى تَشْغِيلِ هَذِهِ المَعَادِنِ . وفى الْحَقِيقَةِ ، كَانَ لاكْتِشَافِ عَمَلِيَّاتِ تَنْقِيَةِ الْمعَادِنِ ، الْفَضْلُ فى تَغْيِيرِ وَجْهِ الْحَضَارَةِ مِن الْمَبانِى الصَّغِيرَةِ وعَرَبَاتِ الْخُيُولِ إلى نَاطِحَاتِ السَّحَابِ والسِّكَكِ الحديديَّةِ . وَبِدُونِ هَذِهِ الطَّفْرةِ ، بِالإضَافَةِ إلى التَّقَدُّمِ الهَنْدَسِىِّ فِى الموادِّ مِثْلِ الْمُسَلَّحِ والزُّجاجِ ، كَانَ يَصْعُبُ وُجُودُ السَّيَّاراتِ أَو الطَّائِراتِ أَو أَىِّ من الإبْدَاعَاتِ التَّقْنِيَّةِ التى يُقَدِّرُهَا النَّاسُ الْيَوْمَ .

وَثَوْرَةُ الْمعَادِنِ التى صَاحَبَتِ الْقَرنَيْن ١٧ ، ١٨ ، أَكْمَلَتْها ثَوْرَةُ الكِيمْيَاءِ الْعُضْوِيَّةِ فِى القرنِ العشرين . فعِنْدَمَا اكْتَشَفَ الْمُهَنْدِسون أَنَّ ثَرْوَةَ الكِيماوِيَّاتِ الْعُضْوِيَّةِ ــ وهِىَ الَّتى تَحْتَوِى الْكَرْبُونَ ــ يُمْكِنُ الْحُصُولُ عَلَيهَا من تَكْرِيرِ الْفَحْمِ وَزَيْتِ الْبِترُولِ الخامِ ، تَلاهَا سَيْلٌ مِن الْمُنتَجَاتِ الْجَدِيدَةِ . وَكَانَ مِنها البلاسْتِيكَاتُ مِثْلُ البُولِى إيثلين والتِّفْلُون ، بالإِضَافَةِ إلى الأَلْيَافِ الصِّنَاعِيَّةِ مِثل النَّايْلُون والْبُولِيسْتِر . وَتَكْرِيرُ زَيْتِ البِتْرُولِ على نِطَاقٍ وَاسِعٍ ، جَعَلَ البِنْزِينَ مُنْخَفِضَ السِّعْرِ ، وَزُيُوتَ الْوَقُودِ مُتَاحَةً لِكُلِّ فَرْدٍ تَقْرِيبًا . وفى الحَقِيقَةِ ، فَإِنَّ التَقَدُّمَ فى الكِيمْيَاءِ الصِّنَاعِيَّةِ يَشْمَلُ الحياةَ اليَوْمِيَّةَ ، لِدَرَجَةِ أَنَّه من المسْتحِيلِ أَنْ يَمُرَّ يَوْمٌ كَامِلٌ دُونَ أَنْ تُصَادِفَ أَحَدَ إبْداعَاتِ الْكِيمْيَاءِ الْحَدِيثَةِ الْمُباشِرَةِ .

شَرَارَاتٌ طَائِرَةٌ فِى فُرْنٍ لَافِحٍ نَتِيجَةَ تَفَاعُلِ الْكَرْبُونِ مَعَ حَدِيدٍ خَامٍ مُنْصَهِرٍ لِيُصْبِحَ تَمَاسِيحَ الحَدِيدِ (خنازِيرَ الحديدِ) وهِىَ مَرْحَلَةٌ مُتَوَسِّطَةٌ فى إِنْتَاجِ الحديدِ والصُّلْبِ .



كَيْفَ يُصْنَعُ الْوَرَقُ ؟

رَغْمَ أَنَّ كَثِيرًا من الْأَلْيَافِ ـ مِثْلِ الْقُطْنِ والْكِتَّانِ والْقُنَّبِ ـ اسْتُخْدِمَتْ كَمَوَادَّ خامٍ لِصناعَةِ الورق مُنْذُ بَدأَت الكِتابَةُ من حَوالَى ٥٠٠٠ سَنَةٍ ، إِلَّا أَنَّ مُعْظَمَ الْوَرَقِ اليومَ يُصْنَعُ مِن الْخشبِ . وَالْمُكَوِّنُ الذى يَجْعلُ من الخشبِ مَصْدَرًا جَيِّدًا للورق هو جُزَيْئاتٌ طَويلَةٌ تُشْبِهُ الأَلْيَاف تُسَمَّى السِّيلِيلُوز . وعلى امْتِدادِ كُلِّ جُزَيْءِ سِيلِيلُوز يُوجَدُ عَدَدٌ مِن مَجْمُوعَاتِ الْهَيْدرُوكْسِيل ـ OH ـ تَرْبطُ جُدَيْلاتِ السِّيليلوز معًا فِى شَبَكَةٍ مَتِينَةٍ .

وفى عَمَلِيَّةِ صِناعَةِ الْوَرَقِ ، تُفْصَلُ جُدَيْلاتُ السِّيلِيلُوز أَوَّلًا لِتَكَوِّنَ اللُّبَ . ثم تُضْغَطُ الْأَلْيَافُ مَعًا إِلَى أَلْوَاحٍ رَقِيقَةٍ . وَأَثْنَاءَ الضَّغْطِ ، تَتَّصِلُ الْجُدَيْلاتُ مَرَّةً أُخْرَى ، لِتُكَوِّنَ وَرَقًا نَاعِمًا .

هَضْمُ الْخشب

الْخَشَبُ الْمُقَطَّعُ إلى جُذَاذَاتٍ فِى حَجْمِ عُلْبَةِ الثِّقَابِ ، يُفَرَّغُ فِى غَلَّايَةٍ كَبِيرَةٍ تُسَمَّى الْهَاضِم . وَبِتَأْثِيرِ الحَرارَةِ والضَّغْطِ العَالِيَيْن ، يَقُومُ بُخَارُ الماءِ والْكِيماوِيَّاتُ بِتَحْرِيرِ السِّلِيلوز من الْخَشَب . وبَعْدَ عِدَّةِ ساعَاتٍ يَتَحَوَّلُ الخَشَبُ إلى مَادَّةٍ قُطْنِيَّةٍ لَيِّنَةٍ تُسَمَّى اللُّبَّ .



جُذَاذَاتُ الْخَشَبِ هى المادَّةُ الخامُ



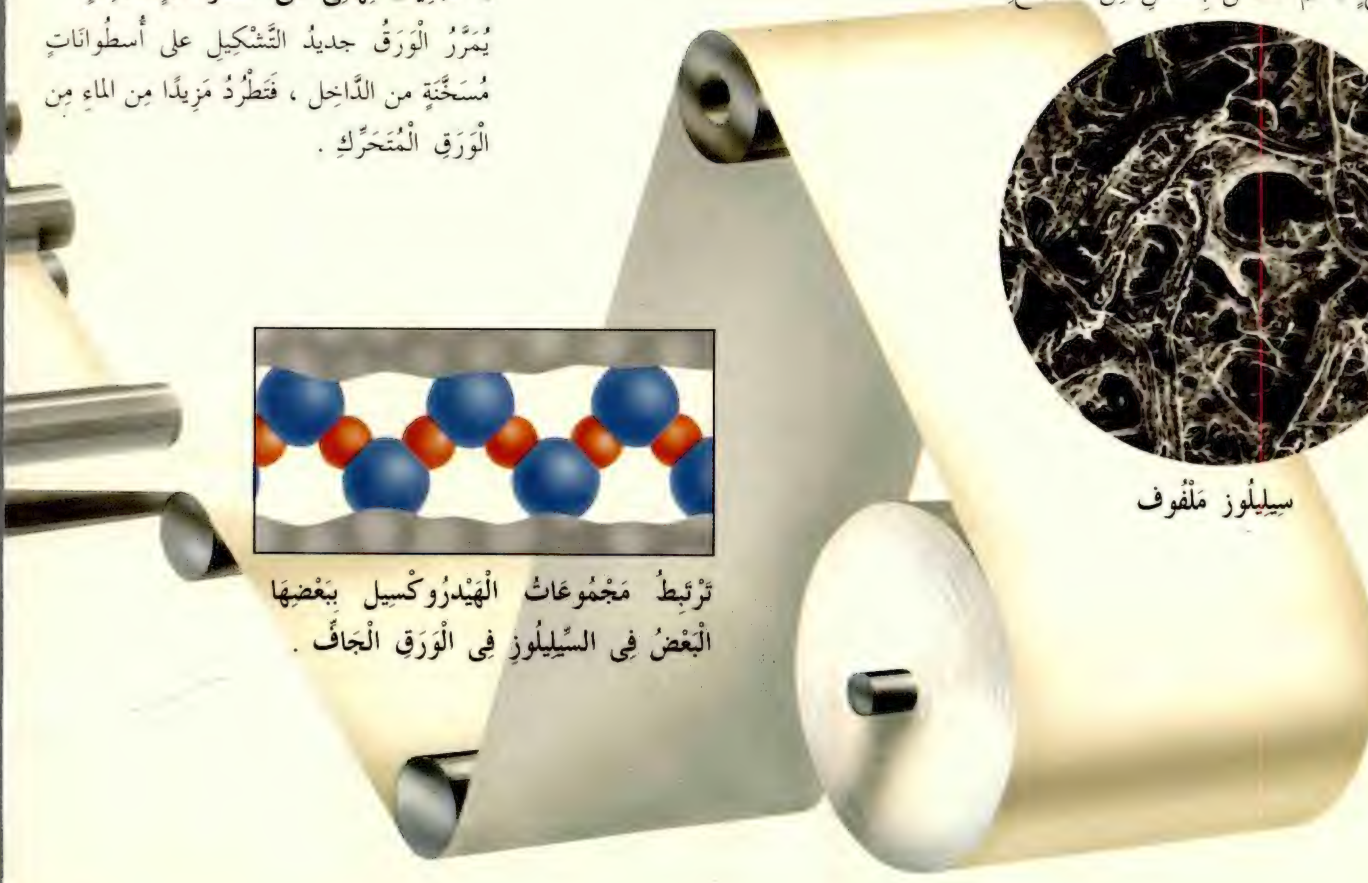
غرفة الضغط

٥ إنهاءُ الْعَمَلِ

أَصْبَحَتْ أَلْيافُ السِّلِيلوز شَبَكًا مَلْفُوفًا (أسفل)، وَيَقُومُ مِلَفٌّ كَبِيرٌ يُسَمَّى اللَّافَّ (أسفل) بِجَمْعِ الوَرَقِ الْمُنْتَهى فِى لَفَّاتٍ ضَخْمَةٍ . وَتُقَطَّعُ هَذِهِ اللَّفَّاتُ إلى لَفَّاتٍ أَصْغَرَ أَوْ أَلْوَاحٍ ، ثُمَّ تُشْحَنُ بِالسُّفُنِ مِن الْمَصْنَعِ .

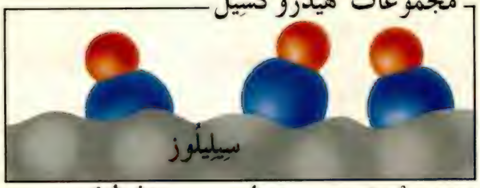
٤ تَجْفِيفٌ نِهَائِيٌّ على أُسْطُوانَاتٍ سَاخِنَةٍ

يُمَرَّرُ الْوَرَقُ جديدُ التَّشْكِيلِ على أُسْطُوانَاتٍ مُسَخَّنَةٍ من الدَّاخِل ، فَتَطْرُدُ مَزِيدًا مِن الماءِ مِن الْوَرَقِ الْمُتَحَرِّكِ .



سِيلِيلُوز مَلْفُوف

تَرْتَبِطُ مَجْمُوعَاتُ الْهَيْدرُوكْسِيل بِبَعْضِهَا الْبَعْضُ فِى السِّلِيلُوزِ فِى الْوَرَقِ الْجَافِّ .

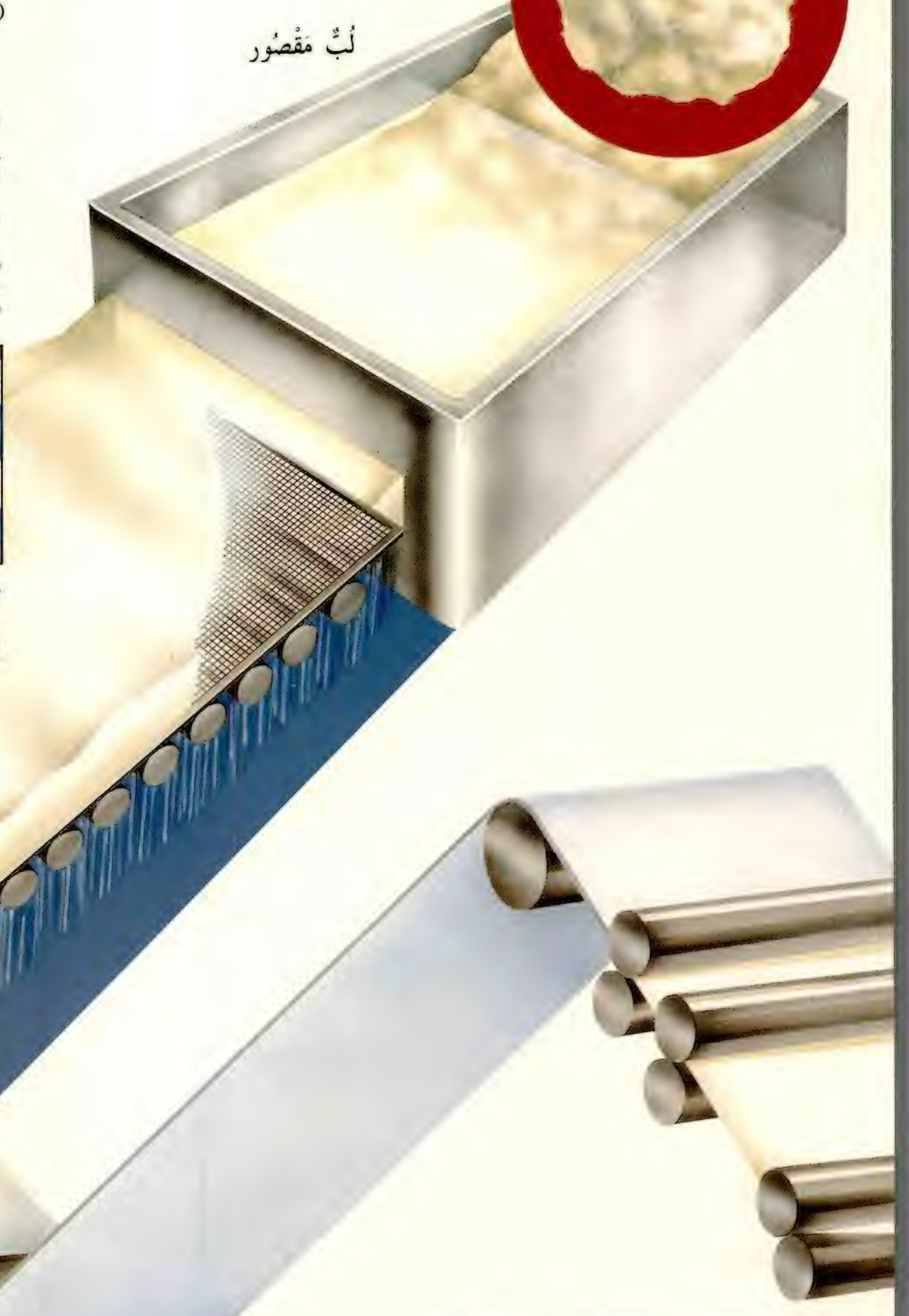


هَيْدُرُوكْسِيلَاتُ السِّلِيلُوز لها ذَرَّةُ أُكْسُجِين (أزرق) وذَرَّةُ هَيْدُرُوجِين (أحمر) .

١ تَحْوِيلُ اللُّبِّ إلى وَرَق

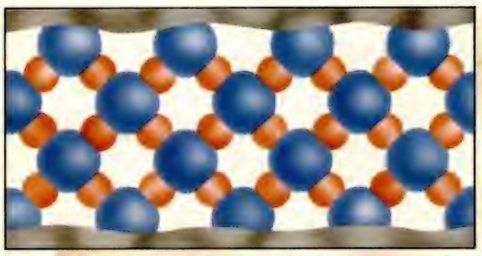
بِمُجَرَّدِ خُروجِ اللُّبِّ من الْهَاضِمِ يُمْزَجُ بالمَاءِ . وَيُمَرَّرُ الْمَخْلُوطُ الَّذِي يَحْتَوِي على ٩٠٪ منه ماءً ، فى آلةٍ تُسَمَّى صُنْدُوقَ الرَّأْسِ (أسفل) .

لُبٌّ مَقْصُور



٢ عَمَلِيَّةُ السِّلْكِ

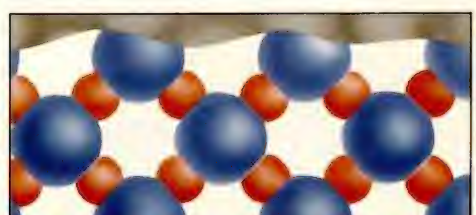
يَبْسُطُ صُنْدُوقُ الرَّأْسِ الْخَلِيطَ الْمَائِىَّ لِلُّبِّ على شَاشَةٍ مُتَحَرِّكَةٍ تُسَمَّى السِّلْكَ (أسفل) . وَيُضْغَطُ اللُّبُّ بِأُسْطُوانَات على السِّلْكِ ، فَيُخْرِجُ حَوَالَى ٩٨٪ مِنْ رُطُوبَتِه .



تَظَلُّ بَعْضُ مَجْمُوعاتِ الْهَيْدُرُوكْسِيل مُلْتَصِقَةً بِجُزَيْئَاتِ الماءِ بَعْدَ عَمَلِيَّةِ السِّلْكِ

٣ إِخْرَاجُ الْمَاءِ بِالْعَصْرِ

وَتَقُومُ مَجْمُوعَةٌ أُخْرَى من الأُسْطُوَانَاتِ (أعلى — يمين) بِإِخْرَاجِ جميع الْمَاءِ الْمُتَبَقَّى تَقْرِيبًا فِى الْوَرَقِ الْجَافِّ ، بِعَصْرِه . وَبِذَلِكَ لايَتَبَقَّى سِوَى الْقَلِيل جِدًّا من جُزَيْئَاتِ الماءِ الْمُرْتَبِطَةِ بِمَجْمُوعَاتِ الْهَيْدُرُوكْسِيل فِى السِّلِيلُوز (يمين) .



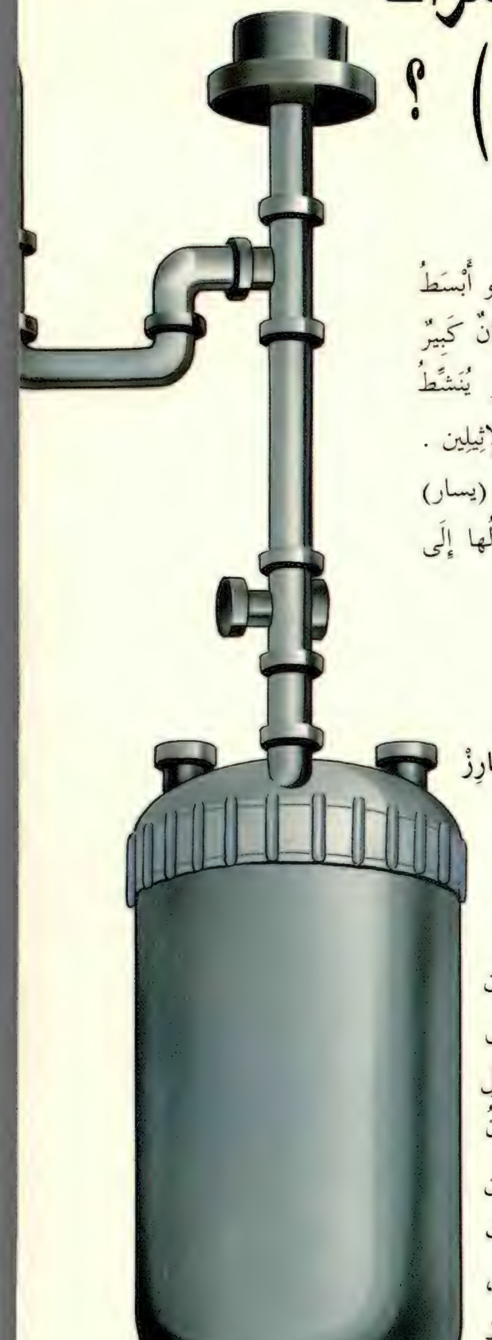
تَقِلُّ جُزَيْئَاتُ الماءِ

ما هى الْبُوليمرات (الْمُتَمَاثِرَاتُ) ؟

الْبُولِيمَر هُو جُزَيْءٌ عِمْلَاقٌ ذُو سَلَاسِلَ كَرْبُونِيَّةٍ يَتَكَوَّنُ من عَدَدٍ كَبِيرٍ من الْجُزَيْئَاتِ الْفَرْدِيَّةِ الْمُتَّصِلَةِ مِنْ نِهَايَاتِهَا . وَيُمْكِنُ التَّحَكُّمُ فِى خَوَاصِّ الْبُولِيمَراتِ طِبْقًا لِطُولِ السِّلْسِلَةِ وَنَوْعِ الْجُزَيْئَاتِ الْمُتَّصِلَة . والتِّيفْلُونُ ــ مَثَلًا ــ هُوَ بُولِيمر مُفِيدٌ لِأَنَّه زَلِقٌ ، أَمَّا النِّيُوبْرين فَقِيمَتُهُ فِى مُرُونَتِهِ .

ويُوجَدُ كثيرٌ مِن الْبُولِيمَراتِ فِى الطَّبِيعَةِ . فَالمطَّاطُ بُولِيمَر طَبِيعِىٌّ ، وكذَلِكَ الْحَرِيرُ والصُّوفُ . وَيَمْتَلِئُ جِسْمُ الإِنْسَانِ بِالْبُولِيمَراتِ ، مِن الْبروتينَاتِ التى تُكَوِّنُ أَنْسِجَةَ الجِسْمِ إِلى جُدَيْلَاتِ DNA التى تُكَوِّنُ أَسَاسَ الْوِرَاثَةِ . وَلَكِنَّ كَثِيرًا مِن الْبُولِيمَرَاتِ اصْطِنَاعِيَّةٌ فَالْبِلَاسْتِك يَتَكَوَّنُ مِن بُولِيمَرَاتٍ اصْطِنَاعِيَّةٍ صِيغَتْ بِأَشْكَالٍ مُخْتَلِفَةٍ (ص ١١٨ ــ ١١٩)

وَعَمَلِيَّةُ صِنَاعَةِ الْبُولِيمَر ــ الرَّسْمُ هُنَا لِلْبُولِى إِثِيلِين ــ بَسِيطَةٌ جِدًّا . فَيُعَرَّضُ الْجُزَىْءُ الْمُفْرَدُ (الْمُونُومَرْ) فِى غُرْفَةِ تَفَاعُلٍ مع عَامِلٍ حَفَّازٍ يُنَشِّطُ تَكْوِينَ السَّلَاسِلِ (والْجُزَىْءُ الْمُفْرَدُ هو الْجُزَىْءُ الْمَطْلُوبُ بَلْمَرَتُهُ أَىْ تَعَدُّدُهُ ، وَهُوَ هُنَا الإِثِيلِين) وَتَحْتَ الضَّغْطِ وَدَرَجَةِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَيْن ، تُشَكِّلُ الْجُزَيْئَاتُ الْمُفْرَدَةُ نَفْسَهَا فِى سِلْسِلَةٍ مُنْتَظِمَةٍ طَوِيلَةٍ ، يَتَوَقَّفُ طُولُهَا عَلَى زَمَنِ التَّفَاعُلِ . فَيَزْدَادُ طُولُهَا بِازْدِيَادِ مُدَّةِ بَقَاءِ الْجُزَيْئَاتِ الْمُفْرَدَةِ فِى غُرْفَةِ التَّفَاعُلِ .

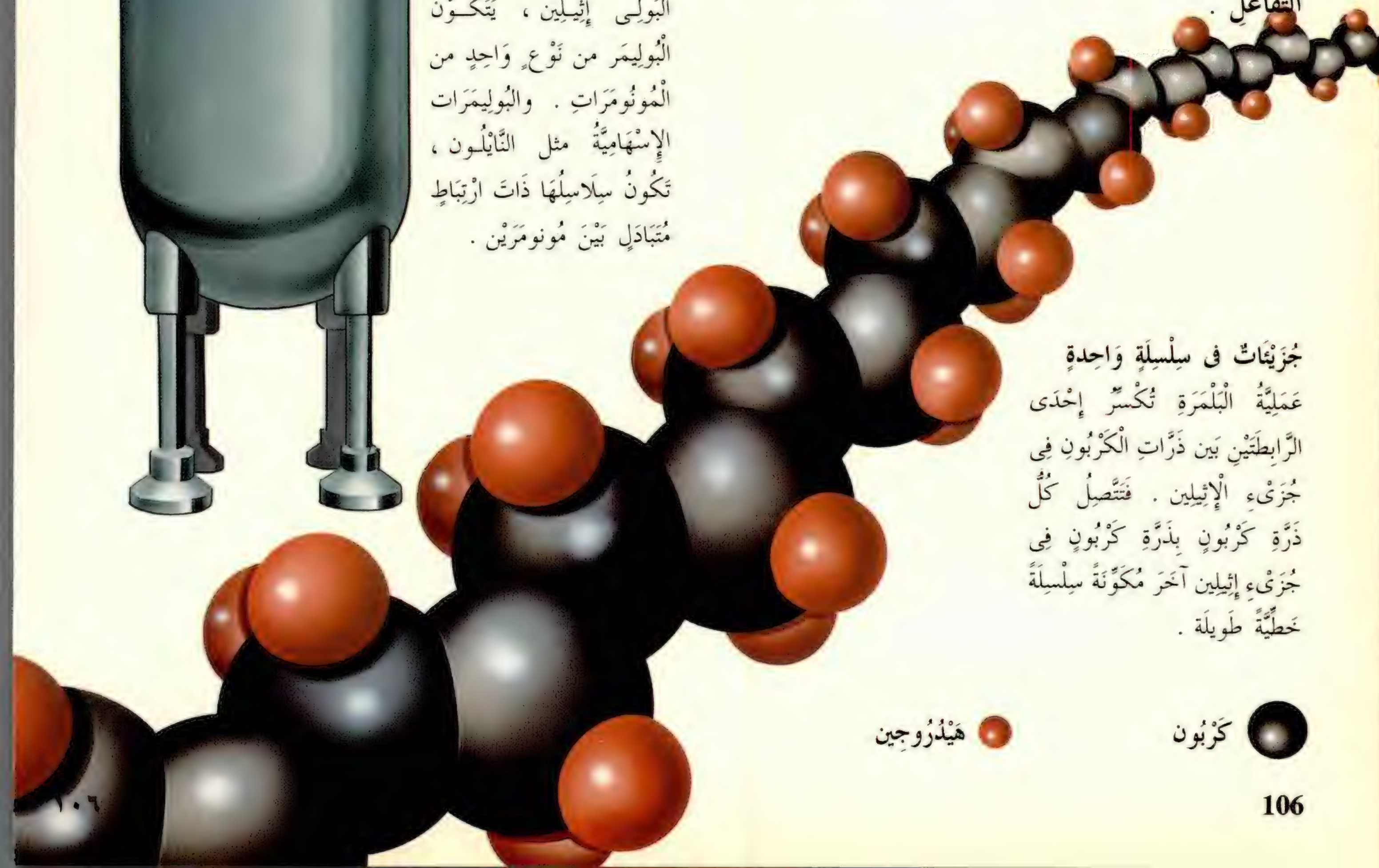


تَشْكِيلُ سِلْسِلَةٍ كِيمْيَائِيَّةٍ

لِصِنَاعَةِ الْبُولِى إِثِيلِين ــ وَهُو أَبْسَطُ بُولِيمَرٍ مُمْكِن ــ يُمْلَأُ خَزَّانٌ كَبِيرٌ بِغَازِ الإِثِيلِين وَعَامِلٍ حَفَّازٍ يُنَشِّطُ الارْتِبَاطَ بين جُزَيْئَاتِ الإِثِيلِين . والْحَرَارَةُ والضَّغْطُ الْعَالِى (يسار) تُكَوِّنُ بُولِيمَرَاتٍ يَصِلُ طُولُهَا إِلَى ١٠٠٠٠٠ ذَرَّةٍ .

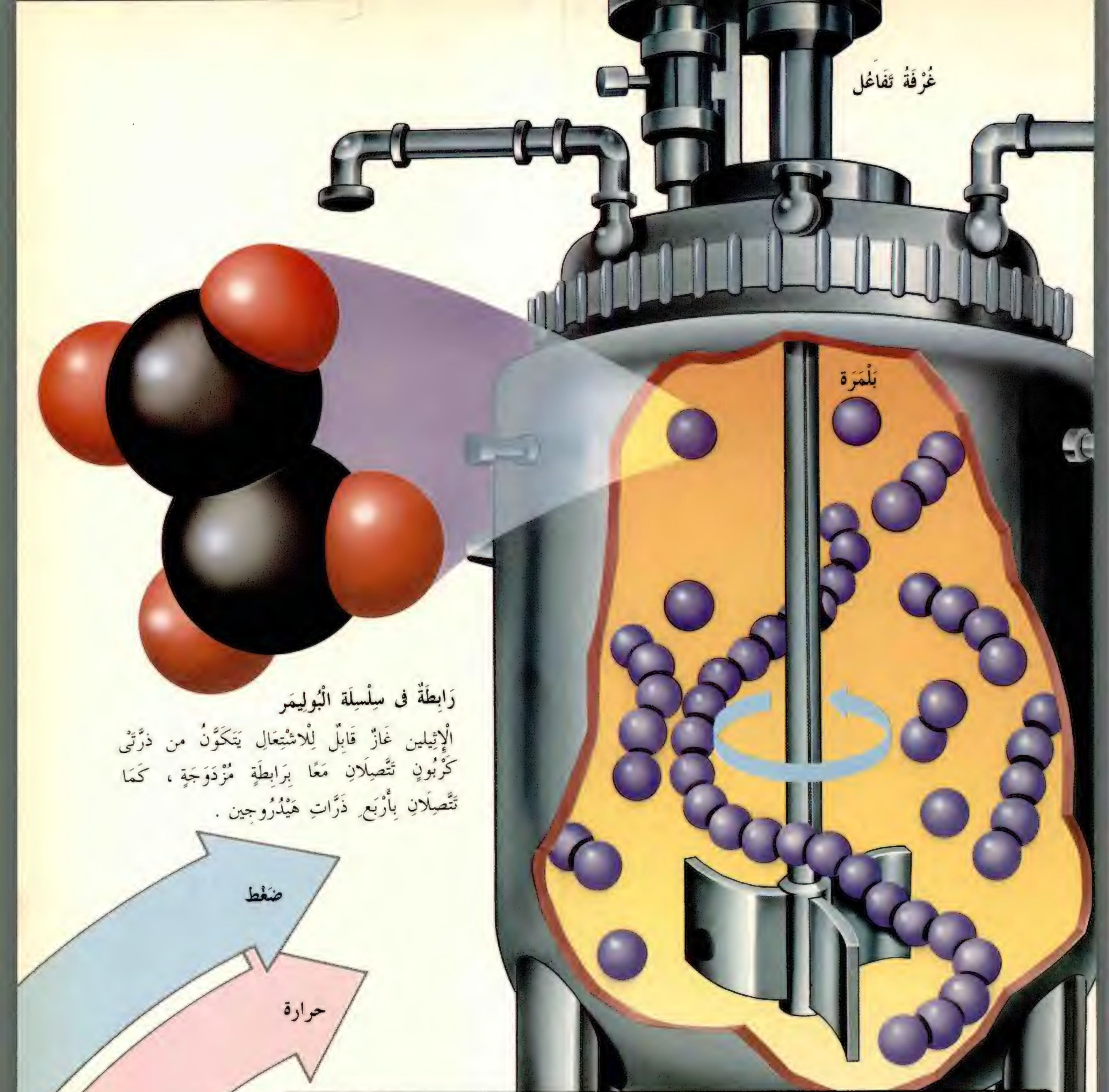
أَنْوَاعٌ مِن الْبُولِيمَرَات

يُوجَدُ نَوْعَانِ رَئِيسِيَّانِ من الْبُولِيمَرَات . فَفِى الْبُولِيمَراتِ الْمُتَجَانِسَةِ مِثْلِ الْبُولِى إِثِيلِين ، يَتَكَوَّنُ الْبُولِيمَر من نَوْعٍ وَاحِدٍ من الْمُونُومَرَاتِ . والبُولِيمَرَات الإِسْهَامِيَّةُ مثل النَّايْلُون ، تَكُونُ سِلَاسِلُهَا ذَاتَ ارْتِبَاطٍ مُتَبَادَلٍ بَيْنَ مُونومَرَيْن .



جُزَيْئَاتٌ فى سِلْسِلَةٍ وَاحِدَةٍ

عَمَلِيَّةُ الْبَلْمَرَةِ تُكَسِّرُ إِحْدَى الرَّابِطَتَيْنِ بَين ذَرَّاتِ الْكَرْبُون فِى جُزَىْءِ الإِثِيلِين . فَتَتَّصِلُ كُلُّ ذَرَّةِ كَرْبُونٍ بِذَرَّةِ كَرْبُونٍ فِى جُزَىْءِ إِثِيلِين آخَرَ مُكَوِّنَةً سِلْسِلَةً خَطِّيَّةً طَوِيلَةً .

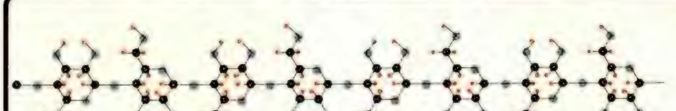


رَابِطَةٌ فى سِلْسِلَةِ الْبُولِيمَر

الْإِثِيلين غَازٌ قَابِلٌ لِلاشْتِعَالِ يَتَكَوَّنُ من ذَرَّتَىْ كَرْبُونٍ تَتَّصِلَانِ مَعًا بِرَابِطَةٍ مُزْدَوَجَةٍ، كَمَا تَتَّصِلَانِ بِأَرْبَعِ ذَرَّاتِ هَيْدُرُوجِين .

بُولِيمَرَاتُ الطَّبِيعَة

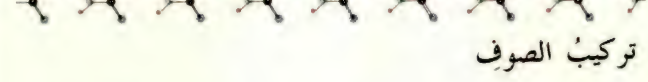
تَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِن إِنْتَاجِ بُولِيمَراتٍ تُقَلِّدُ التَّرْكِيبَ الْجُزَيْئِىَّ لِسِيلِيلُوز الْقُطْنِ (يسار)، والصُّوفِ ، والْمَطَّاطِ ، وَلَكِنَّهُم لَم يَتَمَكَّنُوا من جَعْلِ خَوَاصِّهَا مُشَابِهَةً لِخَوَاصِّ الموادِّ الطَّبِيعِيَّة .



تَرْكِيبُ سِيلِيلُوز الْقُطن



تركيبُ الصوفِ



تركيبُ المطَّاطِ الطَّبِيعى

- كربون
- هيدروجين
- أكسجين
- نيتروجين
- مجموعة الكيل

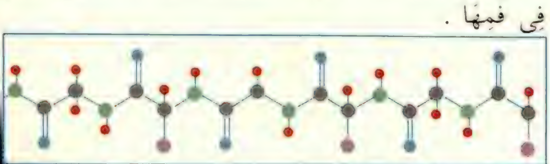
كَيْفَ يُمْكِنُ إنْتَاجُ الألياف الصَناعية ؟

مِنْ أَهَمِّ اسْتِعْمالَاتِ الْبُولِيمَرَاتِ (ص ١٠٦ – ١٠٧) هى اسْتِخْدَامُها كَالْيَافٍ اصْطِنَاعِيَّةٍ . وَعِنْدَمَا تُصْهَرُ البُولِيمَراتُ وتُسْحَبُ إلى خُيُوطٍ ، فَإِنَّهُ يُمكِنُ نَسْجُها وَشَبْكُها إِلَى أَقْمِشَةٍ مُشَابِهَةٍ لِلْموادِّ الطَّبِيعيّةِ مِثْلِ الْقُطْنِ والصُّوفِ والْحَرِيرِ . وَالْأَقْمِشَةُ الاصْطِنَاعِيَّةُ عَادةً أَخفُ وَأَمْتَنُ مِن مَثِيلَاتِهَا الطَّبِيعِيَّةِ . كما أَنَّ إِنْتَاجَهَا أَرْخَصُ .

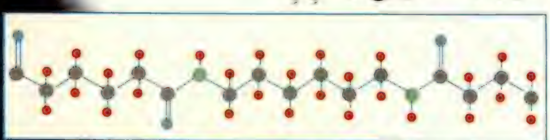
وَأَوَّلُ وأَشْهَرُ الْأَقْمِشَةِ الاصْطِنَاعِيَّةِ هُوَ النَّايْلُون الَّذِى اخْتَرعَتْهُ شَرِكَةُ دِى بُونْتِ عَامَ ١٩٣٠ ، وقَدْ بَدأَتْ هَذِهِ الْمَادَّةُ شُهْرَتَهَا التِّجارِيَّةَ من جَوَارِبِ النِّسَاءِ ، وَلَكِنَّهَا سَرْعَانَ مَا امْتَدَّ اسْتِعْمَالُها إلى مُنْتَجاتٍ أُخْرَى من الْبَارَاشُوتِ إلى شَبَكَاتِ الصَّيْدِ . وَنجاحُ النَّايْلُون تَبِعَهُ اخْتِراعُ اصْطِنَاعِيّاتٍ أُخْرَى مِثْلِ الْبُولِيْستر والْأَكْرِيليك اللَّذَيْن اسْتُخْدِمَا على نِطَاقٍ وَاسِعٍ فى صِنَاعَةِ الْمَلَابِسِ . وَأَكْثَرُ الطُّرُقِ الْمُسْتَخْدَمَةِ لِإِنْتَاجِ الْأَقْمِشَةِ الاصْطِنَاعِيَّةِ تَبْدَأُ بِمِغْزَالٍ (مقابل أعلى). وَتَصْهَرُ هَذِهِ الآلَةُ جُذَاذَاتِ الْبُولِيمَر وتَدْفَعُ الْمَصْهُورَ إلى الْخارِجِ خِلَالَ مَجْمُوعَةٍ من الْفُتْحَاتِ الضَّيِّقَةِ . وَتُبْرَمُ الْأَلْيَافُ الْخارِجَةُ مَعًا لِتُنْتِجَ خَيْطًا وَاحِدًا ، يُنْسَجُ مَعَ الْخُيوطِ الْمُتَشَابِهَةِ إلى أَثْوَابٍ مِن الْقُمَاشِ .



تُنْتِجُ دُودَةُ الْقَزِّ الحرير ، وهو وَاحِدٌ من الْأَلْيَافِ الطَّبِيعِيَّةِ الرَّائِعَةِ فِى الْعَالَمِ . وَتَغْزِلُ اليَرَقَةُ خُيُوطًا دَقِيقَةً من عُضْوٍ فِى فَمِهَا .



التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِى لِلْحَرِيرِ



التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِى لِلنَّايْلُون

تَبْرِيدٌ ومَطٌ

عِنْدَمَا تَبْرُدُ الْأَلْيَافُ ، يَتِمُّ سَحْبُهَا ، فَتُجْذَبُ مِنْ بَكَرَةٍ إِلى بَكَرَةٍ أُخْرَى تَدُورُ بِسُرْعَةٍ تُعَادِلُ ٤ أَمْثَالِ سُرْعَتِهَا . وهذا السَّحْبُ يَمُطُّ الْغَزْلَ وَيُقَوِّيهِ بِجَعْلِ الْجُزَيْئَاتِ الطَّوِيلَةِ تَسْقُطُ فِى حُزَمٍ مُتَوازِيَةٍ .



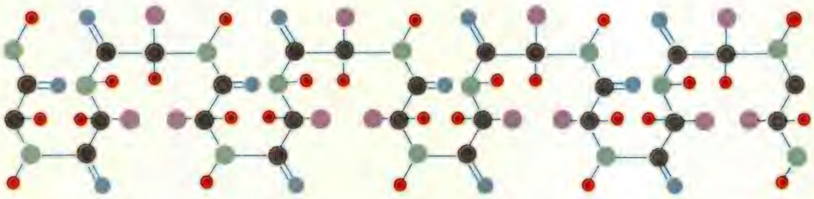


غَزْلُ جُدَيْلَةٍ اصْطِناعِيّة

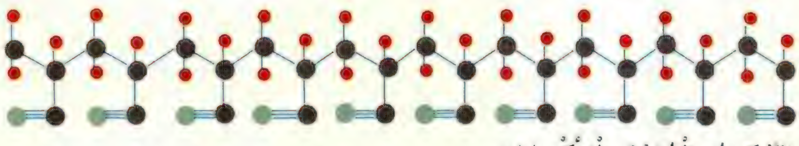
تَبْدَأُ عَمَلِيَّةُ صِناعَةِ الْأَلْيَافِ بِتَغْذِيَةِ الْمِغْزَالِ بِجُذَاذَاتٍ مِن الْبُولِيمَر صَغِيرَةِ الْحَجْمِ . وَيَصْهَرُ الْمِغْزَالُ الْجُذَاذَاتِ ثُم يُدْفَعُ السَّائِلُ اللَّزِجُ إلى الخَارِجِ خِلَالَ مَجْمُوعَةٍ مِن الثُّقُوبِ الصَّغِيرَة . فَيَخْرُجُ وَيَتَصَلَّبُ إلَى أَلْيَافٍ تَلْتَفُّ عَلَى شَكْلِ خَيْطٍ وَاحِدٍ مَتِينٍ مَبْرُوم ، بِسَبَبِ قُوَّةِ الدَّوَرَانِ الْمِغْزَلِيَّة لِلآلَة .

الْأَلْيَافُ الطَّبِيعِيَّةُ والاصْطِناعِيَّةُ

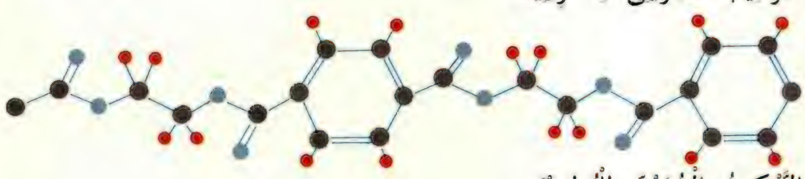
لَا يُمْكِنُ تَقْلِيدُ التَّرْكِيبِ الْجُزَيْئِيِّ الْمُعَقَّدِ لِلصُّوفِ (أسفل) بِصُورَةٍ مُشَابِهَةٍ تَمَامًا فِي الْمَعْمَلِ . وَلَكِنْ ، الْأَكْرِيلِيك ، وهو بُولِيمَر أَكْثَرُ بَسَاطَةً ، مَلْمَسُه مُشَابِهٌ لِلصُّوفِ وَيُسْتَخْدَمُ كثيرًا بَدَلًا منه . والفَاى نَايْلُون هو اصْطِناعى آخَرُ يُسْتَخْدَمُ بَدِيلًا لِأَلْيَافِ الْكَتَّان .



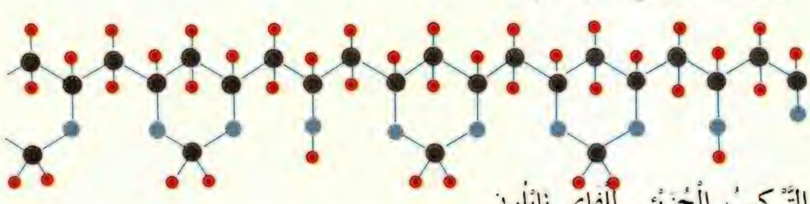
التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِى لِلصُّوف



التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِى لِلْأَكْرِيلِيك



التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِى لِلْبُولِيسْتَر



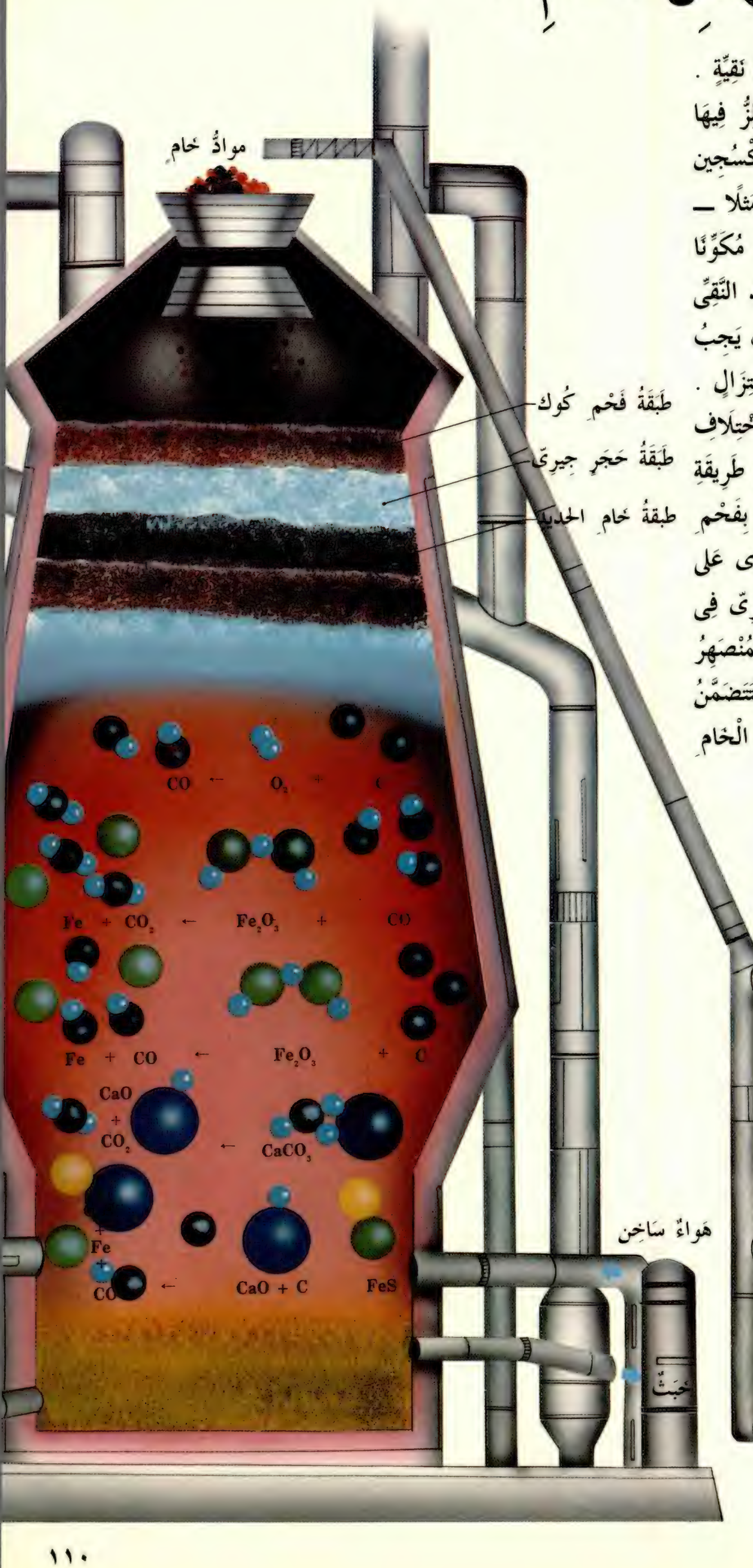
التَّرْكِيبُ الْجُزَيْئِى لِلفاى نايْلون

● كَرْبُون ● هَيْدرُوجِين ● أُكْسُجِين ● نَيْتْرُوجِين ● مَجْمُوعة هَيْدرُوكَرْبُون

● **جُدَيْلَاتٌ لَامِعَةٌ**

تُجَمَّدُ جُدَيْلَاتُ الْأَلْيَافِ السَّائِلَة بالتَّبْرِيد ، ثُم تُلْوَى إلى خَيْطٍ وَاحِدٍ ، وَتُلَفُّ عَلَى بَكَرَةِ خُيُوطٍ .

كَيْفَ يُسْتَخْلَصُ الْفِلِزُّ مِنَ الْخَامِ ؟

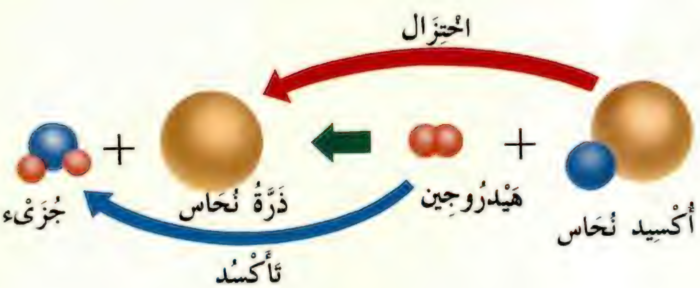


لاتُوجَدُ الْفِلِزَّاتُ عَادَةً فى الطَّبِيعَةِ على صُورَةٍ نَقِيَّةٍ . وَلكِنَّهَا تُوجَدُ عَادَةً فِى خَامَاتٍ يَكُونُ الْفِلِزُّ فِيهَا مُتَأَكْسِدًا أَوْ أَعْطَى بَعْضَ إِلِكْتْرُونَاتِه إلى الْأُكْسُجِين أَو ذَرَّاتٍ أُخْرَى اتَّحَدَ بِهَا . والْحَدِيدُ — مَثَلًا — يَمِيلُ إلى إِعْطَاءِ إِلِكْتْرُونَاتٍ لِلْأُكْسُجِين ، مُكَوِّنًا خَامَ أُكْسِيدِ الْحَدِيد . وَلاسْتِخْلَاصِ الْحَدِيدِ النَّقِىّ من خَامِ الْحَدِيدِ أَوْ أَىِّ فِلِزٍ آخَرَ من خَامَاتِه ، يَجِبُ أَنْ يَسْتَرِدَّ الْفِلِزُّ إِلِكْتْرُونَاتِه فِى عَمَلِيَّةِ اخْتِزَالٍ . وَتَخْتَلِفُ عَمَلِيَّاتُ اخْتِزَالِ الْخَامَاتِ بِاخْتِلَافِ الْفِلِزَّاتِ . وفِى حَالَةِ أَكَاسِيدِ الْحَدِيد ، فِى طَرِيقَةِ الاخْتِزَالِ غَيْرِ الْمُبَاشِرِ يَتِمُّ خَلْطُ الخامِ بِفَحْمِ الْكُوكِ — وَهُوَ فَحْمٌ حَجَرِىٌّ مُعَالَجٌ لِيَحْتَوِى عَلى نِسْبَةٍ كَبِيرَةٍ من الْكَرْبُونِ — والحَجَرُ الجِيرِىّ فِى الْفُرْنِ اللَّافِحِ (يسار). وَيَنْفَصِلُ الحديدُ الْمُنْصَهِرُ بالاخْتِزَالِ ثم يُجْمَعُ . أَمَّا تَنْقِيَةُ النُّحاسِ فَتَتَضَمَّنُ دَفْعَ الهَوَاءِ أو غَازِ الْهَيْدُرُوجِين خِلَالَ الْخَامِ الْمُنْصَهِر ، فِى فُرْنِ صَهْر .



اكْتِسابُ وَفَقْدُ إِلِكْتُرونات

النُّحاسُ ــ مِثْلَ الحديدِ ــ فِلِزٌّ هَامٌّ يُوجَدُ على شَكْلِ خَامٍ . فِى أُكْسِيدِ النُّحاسِ (يسار) يَرْتَبِطُ النُّحاسُ بِالأُكْسُجِين (أزرق). وَعِنْدَمَا يَعْرِضُ لِغَازِ الْهَيدْرُوجِين يُخْتَزَلُ الأُكْسِيدُ إلى نُحاسٍ وَيَفْقِدُ الأُكْسُجِين الذى يَتَّحِدُ مَعَ الْهَيْدُرُوجِين لِيُكَوِّنَ الماءَ .



تَنْقِيَةُ الحديدِ

يَحْتَرِق الكُوكُ فى تَيَّارِ الْهَوَاءِ اللَّافِحِ السَّاخِن الْمُنْدَفِع إلى الفُرْنِ ، وَيَتَّحِدُ مع الأُكْسُجِين ، مُكَوِّنًا أَوَّلَ أُكْسِيد الْكَرْبُون .

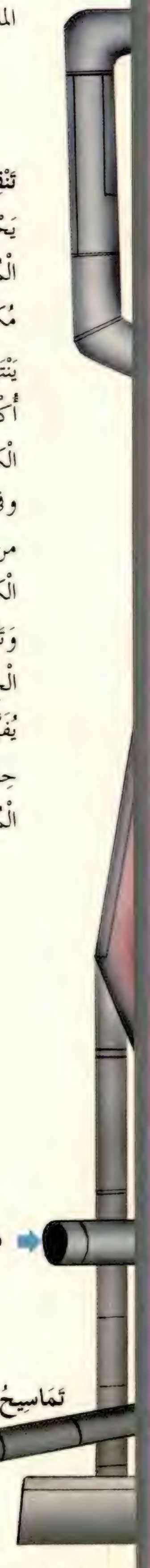
يَنْتَزِعُ أَوَّلُ أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الأُكْسُجِين مِنْ أُكْسِيدِ الْحَدِيدِ ، وَيُكَوِّنُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُون ، وَيَتَخَلَّفُ حَدِيدٌ خَامٌ .

وفى تَفَاعُلٍ مُسْتَقِلٍّ يَنْتَزِعُ الْكَرْبُونُ الأُكْسُجِين من أُكْسِيدِ الْحَدِيدِ مُكَوِّنًا أَوَّلَ أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ ، وَحَدِيدًا خَامًا .

وَتَتَّحِدُ شَوَائِبُ الْخَامِ مَعَ كَالْسِيوم الْحَجَرِ الْجِيرِىِّ لِتُكَوِّنَ الْخَبَثَ أَوْ كَبْرِيتِيدِ الكَالْسِيُوم .

يُفَرَّغُ الْخَبَثُ والْحَدِيدُ من الْفُرنِ كُلٌّ عَلَى حِدَةٍ ، حَيْثُ يُوَجَّهُ الحديدُ الْخَامُ إلى الْمُحَوِّلِ .

C =	كربون
O_2 =	جزىء أكسجين
CO =	أول أكسيد كربون
CO_2 =	ثانى أكسيد كربون
Fe =	حديد
Fe_2O_3 =	أكسيد حديد
FeS =	كبريتيد حديدوز
$CaCO_3$ =	كربونات كالسيوم
CaO =	أكسيد كالسيوم
CaS =	كبريتيد كالسيوم



تَنْقِيَةُ النُّحَاس



يُسْحَقُ الْخَامُ الْغَنِىُّ بالنُّحاسِ ثُمَّ يُعَلَّقُ فى الماءِ . وَيُسْتَخْلَص كَبْرِيتِدُ النُّحاسِ من الْخَامِ .

يَتَعَرَّضُ كَبْرِيتِدُ النُّحَاسِ لِلْهَوَاءِ فِى مُحَوِّلٍ . فَيَتَّحِدُ الْكَبْرِيتُ والأُكْسُجِين وَيَتَكَوَّنُ ثَانِى أُكْسِيدِ الكَبْرِيت ، ونُحَاسٌ خَام .

يُصْهَرُ النُّحَاسُ الْخَامُ فِى فُرنِ صَهْرٍ ، وَيُفَرَّغُ مَصْهُور النُّحَاسِ .

والنُّحاسُ النَّاتِجُ تَكُونُ دَرَجَةُ نَقَائِهِ أَكْثَرَ مِنْ ٩٩٪ ، فَيُعَادُ تَنْقِيَتُهُ بالتَّحْلِيلِ الْكَهْرَبِىِّ (ص ١١٤ ــ ١١٥)

الْمُحوِّل



وَفِى الْمُحَوِّلِ يُمَرَّرُ الأُكْسُجِينُ فِى الْخَامِ أَو تَمَاسِيحِ الْحَدِيد ، فَيَتَخَلَّصُ الحديدُ من الْكَرْبُونِ ، وَيَتَكَوَّنُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ ، والحديدُ مُنْخَفِضُ الْكَرْبُونِ أو الصُّلْبُ .

الخِتَامُ



يُشَكَّلُ الصُّلْبُ إِلَى أَلْوَاحٍ جاهِزَةٍ لِلتَّسْوِيَةِ وَالْقَطْعِ والتَّشْكِيلِ حَسْبَ الطَّلَبِ ، مِثْلَ الأَفْرُخِ أَوِ الأَنَابِيبِ .

لِمَاذَا تُسْتَخْدَمُ السَّبَائِكُ ؟

السَّبِيكَةُ هِى فِلِزٌّ يَحْتَوِى قَلِيلًا مِنْ عَنَاصِرَ أُخْرَى . وَوُجُودُ هَذِهِ الْعَنَاصِرِ الإِضَافِيَّةِ ــ فِلِزَّاتٍ أَوْ لَا فِلِزَّاتٍ ــ يُغَيِّرُ الْخَوَاصَّ الطَّبِيعِيَّةَ لِلْفِلِزِّ ، فَيَجْعَلُهُ أَقْوَى ، أَوْ أَكْثَرَ مُرُونَةً أَوْ أَسْهَلَ فِى التَّعَامُلِ مَعَهُ . وَتَتَمَتَّعُ كَثِيرٌ من السَّبَائِكِ بِالتَّصْنِيعِ والاسْتِخْدَامِ عَلَى نِطَاقٍ وَاسِعٍ ، وَمِنْ أَهَمِّهَا الْحَدِيدُ الصُّلْبُ ، وَهُوَ سَبِيكَةٌ مِن الْحَدِيدِ والكَرْبُونِ .

وَتَنْقِيَةُ الْحَدِيدِ (ص١١٠ ــ ١١١) يُنْتِجُ أَوَّلًا تَمَاسِيحَ الْحَدِيدِ الَّتِى تَحْتَوِى مِقْدَارًا كَبِيرًا من الكَرْبُونِ . وَهَذَا يَجْعَلُها هَشَّةً بالنِّسْبَةِ لاسْتِخْدَامَاتٍ كَثِيرَةٍ . وَلَكِنْ بِإِزَالَةِ بَعْضِ الْكَرْبُونِ مِنْهَا تَتَحَوَّلُ إلى صُلْبٍ سَهْلِ التَّعَامُلِ مَعَه . وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِإِمْرَارِ تَيَّارٍ مِن الْأُكْسُجِين فِى حَاوِيَةٍ تَحْتَوِى مَصْهُورَ تَمَاسِيحِ الْحَدِيدِ . وبالتَّحَكُّمِ فِى كَمِّيَّةِ الْأُكْسُجِين ، تَمَكَّنَ الْمُهَنْدِسُون من إِنْتَاجِ صُلْبٍ يَحْتَوِى عَلَى نِسَبٍ مِن الْكَرْبُونِ مَحْسُوبَةٍ بِمُنْتَهَى الدِّقَّةِ .

تَحْوِيلُ تَمَاسِيحِ الْحَدِيدِ

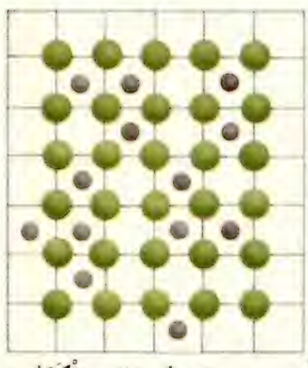
فى الْمُحَوِّلِ (أسفل) يُزِيلُ الْأُكْسُجِين الْكَرْبُونَ مِن تَمَاسِيحِ الحدِيدِ باتِّحَادِه مع الْكَرْبُونِ وتَصَاعُدِ أَوَّلِ أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ .



صُلْبٌ : حَدِيدٌ مُنْخَفِضُ الْكَرْبُون

سَبْكُ تَمَاسِيحِ الْحَدِيدِ

تَمَاسِيحُ الْحَدِيدِ بِهَا نِسْبَةٌ عَالِيَةٌ من الْكَرْبُونِ تَجْعَلُهَا هَشَّةً وَصَعْبَةَ التَّشْغِيلِ . وَاسْتِعْمَالُهَا الْهَامُّ الْوَحِيدُ هُوَ فِى سَبْكِهَا حَيْثُ يُصَبُّ مَصْهُورُ تَمَاسِيحِ الْحَدِيدِ (أسفل) فى قَالَبٍ وَيُبَرَّدُ ، فَيَتَكَوَّنُ الحدِيدُ الزَّهْرُ .



تَمَاسِيحُ الْحَدِيد : حَدِيدٌ عَالِى الْكَرْبُونِ



فُرْنٌ لَافِحٌ



مُحَوِّلٌ

أَلْوَاحُ الصُّلْبِ

رَغْمَ قِلَّةِ نِسْبَةِ الكَرْبُونِ ، فَإِنَّ الصُّلْبَ فِى قُوَّةِ تَمَاسِيحِ الْحَدِيدِ وَلَكِنَّهُ أَكْثَرُ مُرُونَةً . فَيُمْكِنُ تَشْكِيلُه بِسُهُولَةٍ إِلَى قُضْبَانٍ ، أَوْ أَلْوَاحٍ أَوْ أَىِّ شَكْلٍ آخَرَ .

اسْتِعْمَالَاتٌ وَاسِعَةٌ لِلصُّلْبِ

نِسْبَةُ الْكَرْبُونِ

٠,٠٢٠٪

صُلْبٌ مُنْخفِضُ الكَرْبُونِ

سِلْك

مَسَامِير

أَلْوَاحُ حَدِيدٍ مُخْتَلفَة

صَفَائِحُ قَصْدِير

٠,٢٥٠

صُلْبٌ مُتَوسِّطُ الْكَرْبُونِ

مَوَادُّ تَرْكِيبِيَّة لِلسَّيارَاتِ والسُّفُنِ والْكَبَارِى والْإِنْشاءَاتِ الْأُخْرَى .

٠,٦٠

صُلْبٌ عَالِى الْكَرْبُونِ

مَنَاشِير

سَكَاكِين

٢,٠٦٠

حَدِيدُ زَهْرٍ

مَوَادُّ حَدِيدِ الزَّهْرِ

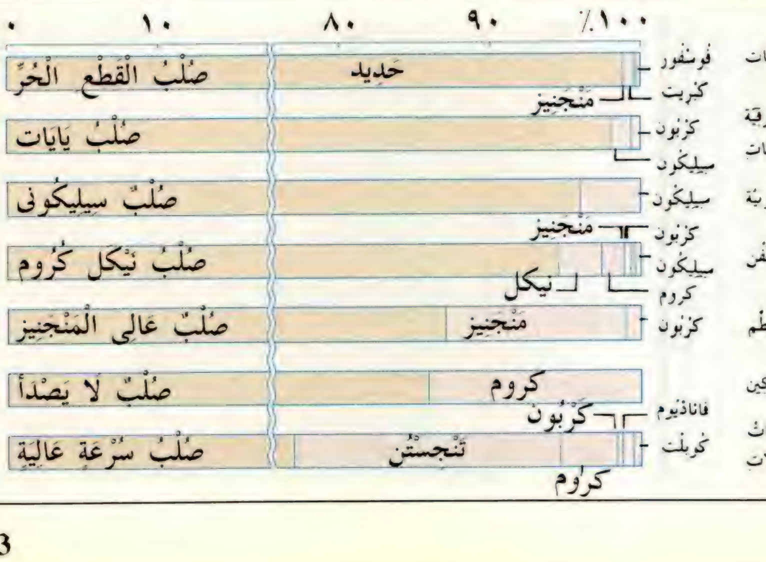
٦,٦٧٠

تَتَطَلَّبُ الاسْتِخْدَامَاتُ الْمُتَنَوِّعَةُ لِلصُّلْبِ ، تَغْيِيرَ نِسْبَةِ الْكَرْبُونِ بِه .



سَبَائِكُ حَدِيدٍ أُخْرَى

بالإِضَافَةِ إلى الكَرْبُونِ ، فَإِنَّ بَعْضَ الْفِلِزَّاتِ الْأُخْرَى تُهَيِّئُ اسْتِخْدَامَاتٍ مُفِيدَةً لِلصُّلْبِ . فإضافَةُ الكُرُوم تُكَوِّنُ سَبِيكَةً مُقَاوِمَةً لِلصَّدَإِ . وإضَافَةُ آثَارٍ من التَّنجسْتن تُكَوِّنُ صُلْبًا لِلسُّرعَةِ الْعَالِيَةِ ، وهى سَبِيكَةٌ مَتِينَة تُسْتَخْدَمُ فِى تَجْهِيزَاتِ الطَّحْنِ .



كيف يُنَقَّى كلٌّ من النُّحاسِ والألومنيوم ؟

التَّنْقِيَةُ الصِّنَاعِيَّةُ لِكُلٍّ مِن النُّحاسِ وَالْأَلُومُونْيُوم تَسْتَخْدِمُ تَقْنِيَةَ التَّحْلِيلِ الْكَهْرِبِيِّ ، حَيْثُ يَفْصِلُ التَّيَّارُ الْكَهْرَبِيُّ الْفِلِزَّ عَن الْعَنَاصِرِ الْأُخْرَى . فَالأَلُومُنْيُوم تَبْدَأُ الْعَمَلِيَّةُ بِأُكْسِيدِ الْأَلُومُونْيُوم أَوْ الْأَلُومِينَا . فَيُوضَعُ هَذَا الخامُ فِي خَزَّانٍ بِهِ مَحلُولٌ مُوَصِّلٌ لِلكَهْرَباءِ وسَارِيتَانِ ، أَحَدُهُمَا لَوْحُ كَرْبُونٍ ، والْأُخْرَى هِيَ قَاعِدَةُ الخَزَّانِ . فَبِمُرُورِ التيَّارِ الكَهْرَبِيِّ يُخْتَزَلُ الْأَلُومُونْيُوم وَيَنْصَهِرُ ثُمَّ يَغُوصُ إِلَى قَاعِ الخَزَّانِ . وفِي نَفْسِ الْوَقْتِ يَتَّحِدُ أُكْسُجِين الأَلُومِينَا بِكَرْبُون السَّارِيَةِ وَتَتَصَاعَدُ فَقَاقِيعُ من ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ .

وَتَبْدَأُ تَنْقِيَةُ النُّحاسِ بِالْخَامَاتِ الَّتِي تُخْتَزَلُ فِي فُرْنٍ لَافِحٍ حَتَّى يُصْبِحَ نُحَاسًا نَقِيًّا تَقْرِيبًا . وَتَكُونُ إِحْدَى السَّارِيَتَيْنِ كُتْلَةً مِنْ نُحَاسٍ خَامٍ ، وَالسَّارِيَةُ الْأُخْرَى لَوْحُ نُحَاسٍ نَقِيٍّ . وَبِمُرُورِ التَّيَّارِ يُخْتَزَلُ النُّحَاسُ فِي السَّارِيَةِ غَيْرِ النَّقِيَّةِ وَيَتَحَرَّكُ إِلَى السَّارِيَةِ النَّقِيَّةِ ، تَارِكًا الشَّوَائِبَ خَلْفَهُ .

نُحَاسٌ خَامٌ

خَامُ النُّحَاسِ هُوَ مَزِيجٌ مِنْ أَكَاسِيدِ وَكَبرِيتِيد أَوْ كَرْبُونَاتِ النُّحَاسِ (أسفل)، وَيُنَقَّى فِي فُرْنٍ لَافِحٍ حَتَّى يُصْبِحَ نُحَاسًا خَامًا غَيْرَ نَقِيٍّ ، لِيَصِيرَ مُنَاسِبًا لِلتَّحْلِيلِ الْكَهْرَبِيِّ .



نُحَاسٌ خَام

دَائِرَةُ تَنْقِيَةِ النُّحَاسِ

كُلَّمَا انْتَقَلَتْ أَيُونَاتُ النُّحَاسِ بِتَأْثِيرِ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِيِّ ، فَإِنَّ سَارِيَةَ النُّحَاسِ غَيْرِ النَّقِيِّ (أسفل — يسار) تَتَآكَلُ ، بَيْنَمَا تَكْبُرُ سَارِيَةُ النُّحَاسِ النَّقِيِّ .





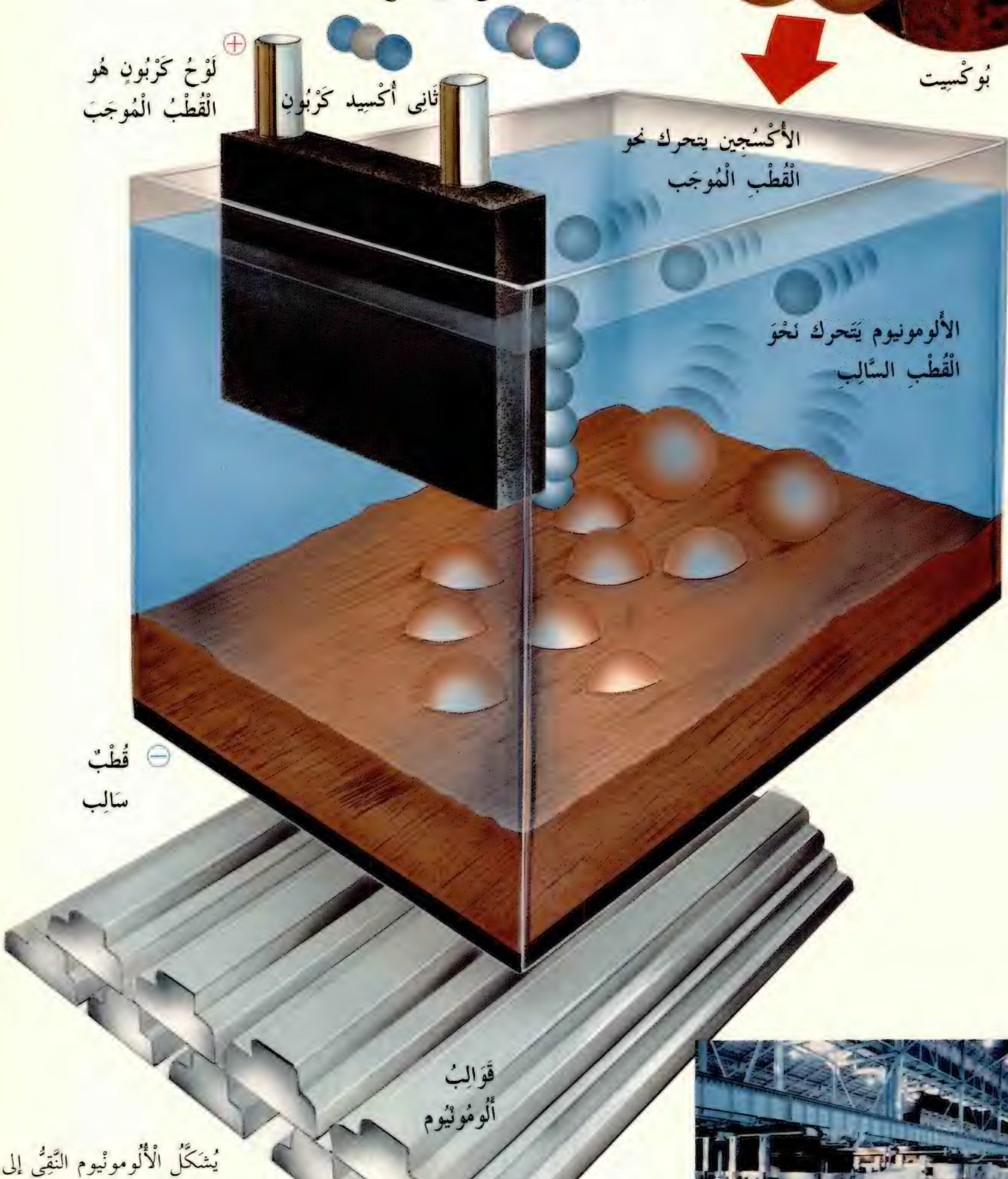
أَلْوَاحُ النُّحَاسِ النَّقِيِّ (يمين) تَخْرُجُ مِن خَزَّانَاتِ التَّحْلِيلِ الْكَهْرَبِيِّ أَكْبَرَ سُمْكًا مِنْهَا قَبْلَ التَّحْلِيلِ ، فَقَدْ غَطَّتْهَا طَبَقَةٌ ثَقِيلَةٌ من النُّحَاسِ عِنْدَ التَّحْلِيلِ .

مَصْنَعُ تَنْقِيَةِ النُّحَاسِ

اسْتِخْلَاصُ الْأُلُومُونْيُومُ من الخام

الْأُلُومِينَا (يمين) بِهَا ذَرَّتَا أُلُومُونْيُوم ، وثَلَاثُ ذَرَّاتِ أُكْسُجِين ، وَتُوجَدُ فِى البُوكْسِيت . وَبِمُجَرَّدِ عَزْلِهَا مِن الْبُوكْسِيتِ ، فَإِنَّهَا بِالتَّحْلِيلِ الْكَهْرَبِىِّ تُحَرِّرُ ذَرَّاتِ الْأُلُومُونْيُوم . وَيُسْتَخْدَمُ لَوْحٌ مِن الْكَرْبُونِ كَقُطْبٍ مُوجَبٍ . وَقَاعِدَةُ الْخَزَّانِ كَقُطْبٍ سَالِبٍ . وَبِإِمْرَارِ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِىِّ يَتَحَرَّكُ الْأُكْسُجِين إلى الْكَرْبُونِ وَيُكَوِّنُ ثانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُون . أَمَّا الْأُلُومُونْيُوم النَّقِىُّ الذَّى تَصْهُرُه حَرَارَةُ الخَزَّانِ ، فَيَتَجَمَّعُ عَلَى الْقَاعِ .





يُشَكَّلُ الْأُلُومونْيوم النَّقِىُّ إلى قُضْبَانٍ طَوِيلَةٍ تُسَمَّى الْقَوَالِبَ تَمْهِيدًا لِتَشْكِيلِهَا .



مَصْنَعُ تَنْقِيَةِ الْأُلُومُونْيُوم

كَيْفَ يُصْبِحُ زَيْتُ الْبِتْرُولِ الْخَامِ بِنْزِينًا ؟

زَيْتُ الْبِتْرُولِ الْخَامِ الذى يُضَخُّ مِن الْأَرْضِ يَحْتَوِى أَنْواعًا كَثِيرَةً من جُزَيْئَاتٍ هَيْدُرُوكَرْبُونيَّة ، لِكُلٍّ مِنْهَا خَواصُّهَا الْكِيمْيَائِيَّةُ الْخاصَّةُ واسْتِعْمَالُهَا التِّجَارِىُّ . وَتَتَحَوَّلُ بَعْضُ الْجُزَيْئَاتِ الصَّغِيرَةِ إلى بِنْزِين ، والْكَبِيرَةِ إلى زُيُوتِ تَسْخِينٍ . وَلَكِنْ يَجِبُ فَصْلُ الْمُكَوِّنَاتِ أَوَّلًا . وَيُسْتَخْدَمُ فِى تَكْرِيرِ الزَّيْتِ تِقْنِيَةٌ مُسْتَقِلَّةٌ تُسَمَّى التَّقْطِيرَ التَّجْزِيئِىَّ ، الذى يَعْتَمِدُ عَلَى حَقِيقَةِ أَنَّ الْأَجْزَاءَ الْمُخْتَلِفَةَ تَتَكَثَّفُ عِنْدَ دَرَجاتِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ . وَتَبْدَأُ الْعَمَلِيَّةُ بِتَسْخِينِ الزَّيْتِ الْخَامِ (أسفل) حتى ٤٠٠°م ، وَهِىَ دَرَجَةٌ كَافِيَةٌ لِيَتَبَخَّرَ حَوَالَى نِصْفُ الزَّيْتِ . وَيَرْتَفِعُ الْبُخارُ إلى بِنَاءٍ طَوِيلٍ مُتَعَدِّدِ الْمُسْتَوَيَاتِ يُسَمَّى بُرْجَ التَّجْزِئَةِ (يسار) يَتِمُّ فِيه التَّبْرِيدُ تَدْرِيجيًّا بالارْتِفَاعِ دَاخِلَه . وعِنْدَمَا يَصِلُ كُلُّ جُزْءٍ إلى مُسْتَوى دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ التى يَتَكَثَّفُ عِنْدَها ، فَإِنَّهُ يَتَكَثَّفُ عَلَى رَفٍّ لِلتَّجْمِيعِ (الْخُطوطُ الزرْقَاء) . وَيَسْتَمِرُّ الْبُخَارُ الْمُتَبَقِّى فِى طَرِيقِهِ لِأَعْلَى ، مُتَكَثِّفًا جُزْءًا فَجُزْءًا ، أَمَّا الْجُزْءُ الباقِى من الزَّيْتِ ، الَّذِى لَمْ يَتَبَخَّرْ فِى الْمَرَّةِ الْأُولَى ، فَإِنَّهُ يُسَمَّى الزَّيْتَ الثَّقِيلَ ، ويُسْتَخْدَمُ لِعَمَلِ الْأَسْفَلْتِ وَزُيُوتِ الْوَقُودِ الثَّقِيلَةِ .

عَمَلِيَّةُ التَّكْرِيرِ

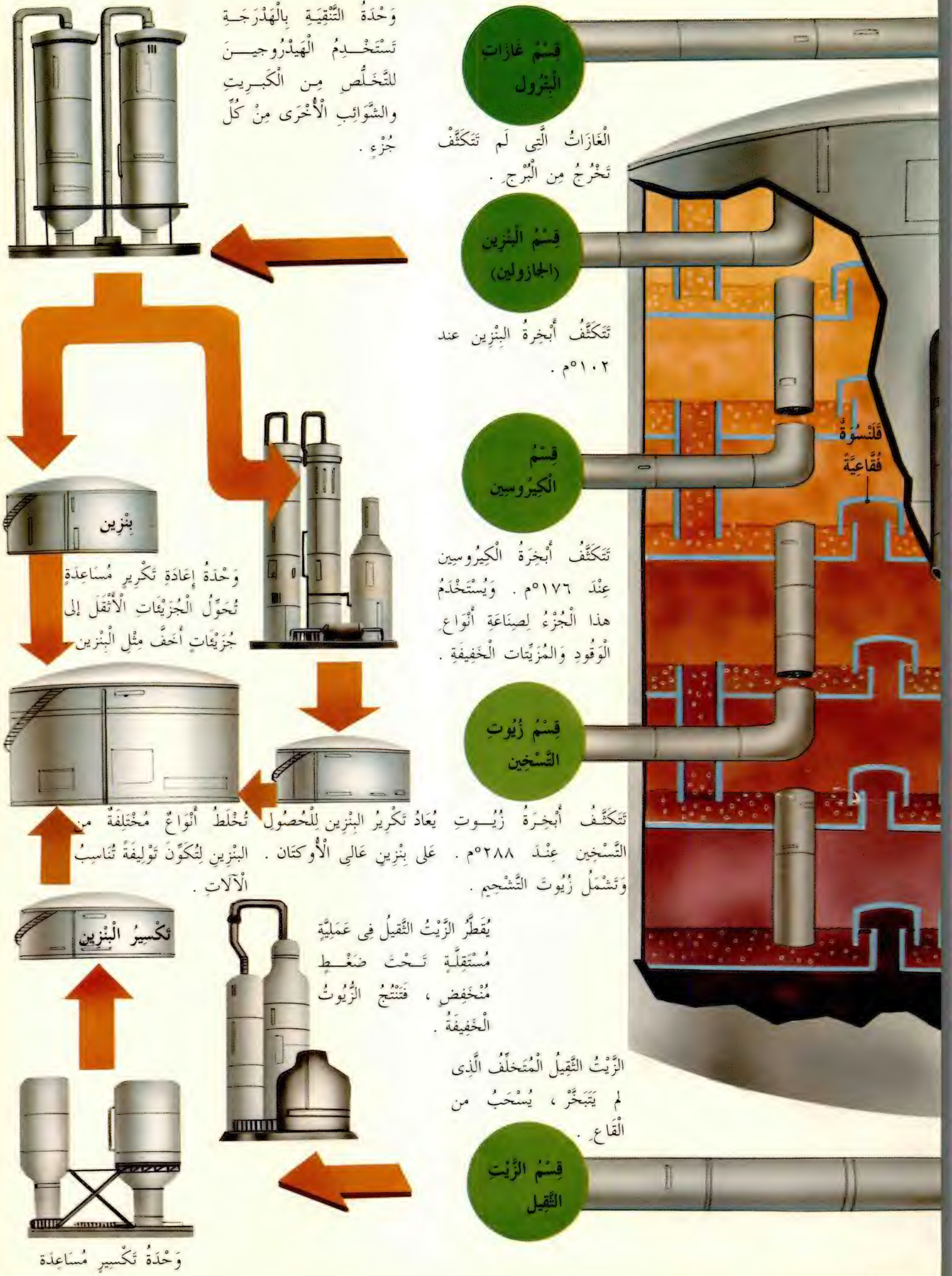


يَبْدَأُ التَّقْطِيرُ بِتَبْخِيرِ الزَّيْتِ الْخَامِ الْمُتَطَايِرِ فِى فُرْنِ تَسْخِينٍ ، وَيَكُونُ الْبُخَارُ خَلِيطًا مِنْ أَجْزَاءٍ لِكُلٍّ منها خَوَاصُّهُ الْمُسْتَقِلَّةُ .

تَتَغَطَّى فُتَحَاتُ التَّهْوِيَةِ بَيْنَ الرُّفُوفِ بِقَلَنْسُوَاتٍ فُقَّاعِيَّةٍ مُشَابِهَةٍ لِعَيْشِ الْغُرَابِ . وَعِنْدَمَا يَرْتَفِعُ الْبُخَارُ ، فَإِنَّهُ يَرْفَعُ الْقَلَنْسُوَةَ وَيَمُرُّ .



يَجْمَعُ بُرْجُ التَّجْزِئَةِ الْأَجْزَاءَ الْمُنْفَصِلَةَ عِنْدَمَا تَتَكَثَّفُ من الْبُخَارِ الْمُتَصَاعِدِ الَّذِى يَبْرُدُ .

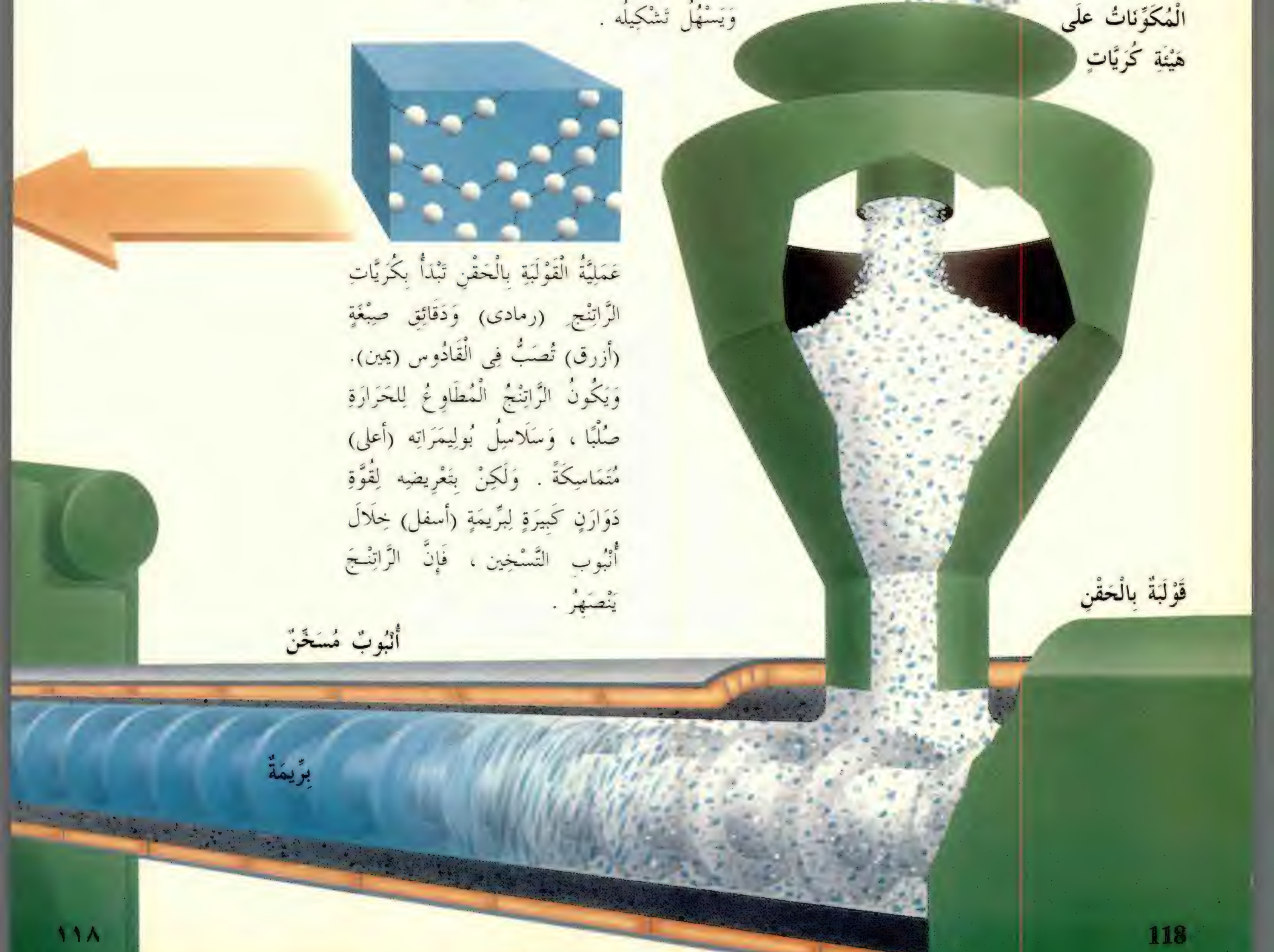

قِسْمُ غازَاتِ الْبِتْرول
الْغَازَاتُ الَّتِى لَم تَتَكَثَّفْ تَخْرُجُ مِن الْبُرجِ .
قِسْمُ الْبِنْزين (الجازولين)
تَتَكَثَّفُ أَبْخِرَةُ الْبِنْزين عند ١٠٢°م .
قَلَنْسُوَةٌ فُقَّاعِيَّةٌ
قِسْمُ الْكِيرُوسِين
تَتَكَثَّفُ أَبْخِرَةُ الْكِيرُوسِين عِنْدَ ١٧٦°م . وَيُسْتَخْدَمُ هذا الْجُزْءُ لِصِنَاعَةِ أَنْوَاعِ الْوَقُودِ وَالْمُزَيِّتات الْخَفِيفَةِ .
قِسْمُ زُيُوتِ التَّسْخِين
تَتَكَثَّفُ أَبْخِرَةُ زُيُوتِ التَّسْخِين عِنْدَ ٢٨٨°م .
الزَّيْتُ الثَّقِيلُ الْمُتَخَلِّفُ الَّذِى لَم يَتَبَخَّرْ ، يُسْحَبُ من الْقَاعِ .
قِسْمُ الزَّيْتِ الثَّقِيل
وَحْدَةُ التَّنْقِيَةِ بِالْهَدْرَجَةِ تَسْتَخْدِمُ الْهَيْدْرُوجِينَ لِلتَّخَلُّصِ مِن الْكِبْرِيتِ وَالشَّوَائِبِ الْأُخْرَى مِن كُلِّ جُزْءٍ .
بِنْزين
وَحْدَةُ إِعَادَةِ تَكْرِيرٍ مُسَاعِدَةٍ تُحَوِّلُ الْجُزَيْئَاتِ الْأَثْقَل إلى جُزَيْئَاتٍ أَخَفَّ مِثْلِ الْبِنْزين
يُعَادُ تَكْرِيرُ الْبِنْزين لِلْحُصُولِ عَلَى بِنْزِينٍ عَالِي الْأُوكْتَان .
تُخْلَطُ أَنْوَاعٌ مُخْتَلِفَةٌ من الْبِنْزِين لِتُكَوِّنَ تَوْلِيفَةً تُنَاسِبُ الْآلاتِ .
وَتَشْمَلُ زُيُوتَ التَّشْحِيم .
تَكْسِيرُ الْبِنْزِين
يُقَطَّرُ الزَّيْتُ الثَّقِيلُ فِى عَمَلِيَّةٍ مُسْتَقِلَّةٍ تَحْتَ ضَغْطٍ مُنْخَفِضٍ ، فَتَنْتُجُ الزُّيُوتُ الْخَفِيفَةُ .
وَحْدَةُ تَكْسِيرٍ مُسَاعِدَة

كَيْفَ تَمَّ تَطْوِيرُ الْبِلاسْتِيكاتِ (اللَّدَائِنِ) ؟

مِثْلُ الْأَلْيَافِ الاصْطِنَاعِيَّة ، فَإِنَّ اللَّدائِنَ مَصْنُوعَةٌ مِنْ بُولِيمَرَاتٍ . وَلَكِنْ بَدَلًا مِن غَزْلِهَا إِلَى جُدَيْلاتٍ ، فَإِنَّ هَذِهِ الْبُولِيمرَاتِ الْمُسَمَّاةَ رَاتنْجيّاتٍ ، تُصْهَرُ وتُشَكَّلُ إلى الشَّكْلِ الْمَطْلُوبِ . وَتَتَوَافَرُ رَاتِنْجِيَّاتٌ عَدِيدَةٌ لِهَذَا الْغَرَضِ مِمَّا يَسْمَحُ بِصِنَاعَةِ لَدَائِنَ مُتَبَايِنَةِ الْخَوَاصِّ . وَيُصَنِّفُ الْمُهَنْدِسُون اللَّدائِنَ إلى نَوْعَيْنِ . النَّوْعُ الْأَوَّلُ ، هو رَاتنْجِيَّاتٌ مُطَاوِعَةٌ لِلْحَرَارَةِ ، وَهِيَ صُلْبَةٌ جِدًّا وَتَلِينُ بِالتَّسْخِينِ ، ومِنْهَا الْبُولِى إِثِيلِين وَمُعْظَمُ الْبُولِسْتَرَاتِ ، وَيُمْكِنُ تَشْكِيلُهَا بِتَقْنِيَةٍ تُسَمَّى صَوْغَ الْقَوَالِبِ بِالْحَقْنِ .

وَفِيهَا تَصْهُرُ آلَةٌ كُرَيَّاتٍ مِن الرَّاتِنْجِ المَطْلُوبِ ثُمَّ تَقْذِفُ المَصْهُورَ فِي قَالَبٍ . وَاللَّدَائِنُ الأُخْرَى هِي رَاتِنْجِيَّاتٌ مُقَاوِمَةٌ لِلْحَرَارَةِ . وَإِذَا سُخِّنَتْ أَعْلَى مِنْ دَرَجَةِ حَرَارَةٍ مُعَيَّنَةٍ ، فَإِنَّ تَرْكِيبَهَا الْجُزَيْئِى يَتَغَيَّرُ وَتُصْبِحُ صُلْبَةً جِدًّا ، وَلَا يُمْكِنُ تَلْيِينُهَا بِالتَّسْخِينِ بَعْدَ ذَلِكَ . وَتَشْكِيلُ هَذِهِ اللَّدَائِنِ يَتِمُّ بِعَمَلِيَّةٍ تُسَمَّى صَوْغَ الْقَوَالِبِ بِالضَّغْطِ ، حَيْثُ يُمْلَأُ القَالَبُ بِمَسْحُوقِ الرَّاتِنْجِ ، وَيُسَخَّنُ حَتَّى يَتَصَلَّبَ الرَّاتِنْجُ .

طُرُق قَوْلَبَةِ اللَّدَائِنِ



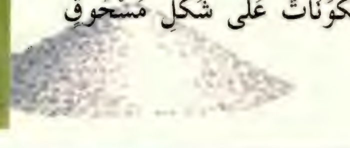
رَاتِنْجَاتٌ مُطَاوِعَةٌ لِلْحَرَارَةِ

يَكُونُ الرَّاتِنْجُ الْمُطَاوِعُ لِلْحَرَارَةِ صُلْبًا عِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةِ الْغُرْفَةِ ، وَكُلَّ مَرَّةٍ يُسَخَّنُ فِيهَا فَإِنَّهُ يَلِينُ وَيَسْهُلُ تَشْكِيلُه .

عَمَلِيَّةُ الْقَوْلَبَةِ بِالْحَقْنِ تَبْدَأُ بِكُرَيَّاتِ الرَّاتِنْجِ (رمادى) وَدَقَائِقِ صِبْغَةٍ (أزرق) تُصَبُّ فِى الْقَادُوس (يمين). وَيَكُونُ الرَّاتِنْجُ الْمُطَاوِعُ لِلْحَرَارَةِ صُلْبًا ، وَسَلَاسِلُ بُولِيمَرَاتِه (أعلى) مُتَمَاسِكَةً . وَلَكِنْ بِتَعْرِيضِه لِقُوَّةِ دَوَارَنٍ كَبِيرَةٍ لِبِرِّيمَةٍ (أسفل) خِلَالَ أُنْبُوبِ التَّسْخِين ، فَإِنَّ الرَّاتِنْجَ يَنْصَهِرُ .

قَوْلَبَةٌ بِالضَّغْطِ

مُكَوِّنَاتٌ عَلى شَكْلِ مَسْحُوقٍ





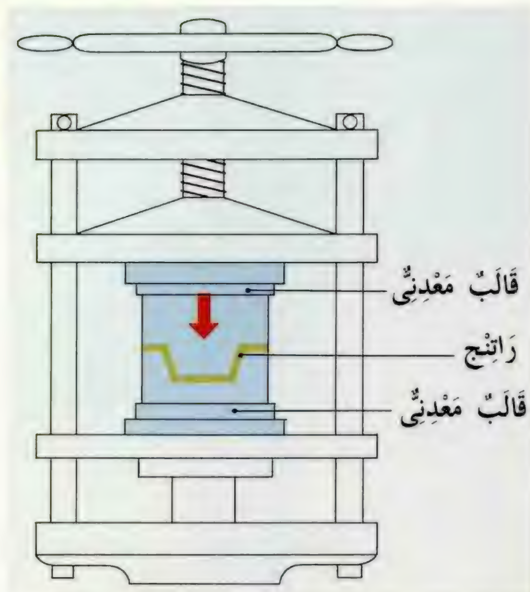
بُولِيمَرَاتُ الرَّاتِنْجِ الْمُقَاوِمِ لِلْحَرَارَةِ تُشْبِهُ مَثِيلَاتِهَا فِى الرَّاتِنْجَاتِ الْمُطَاوِعَةِ لِلْحَرَارَةِ ، وَلَكِنَّ سَلَاسِلَهَا أَقْصَرُ .



وَإِذَا سُخِّنَتْ تَحْتَ ضَغْطٍ ، تَتَصِلُ سَلَاسِلُ الْبُولِيمَرِ عَرَضِيًّا ، مُكَوِّنَةً رَوَابِطَ فِى شَبَكَةٍ جُزَيْئِيَّةٍ صُلْبَةٍ .

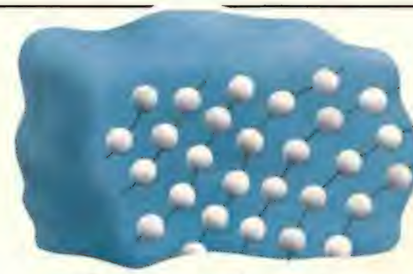


وَبِمُجَرَّدِ تَكَوُّنِهَا ، فَإِنَّهَا تَحْتَفِظُ بِتَرْكِيبِهَا الشَّبَكِىِّ مَهْمَا سُخِّنَتْ .

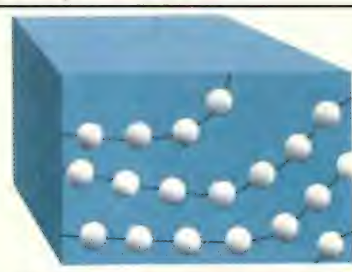




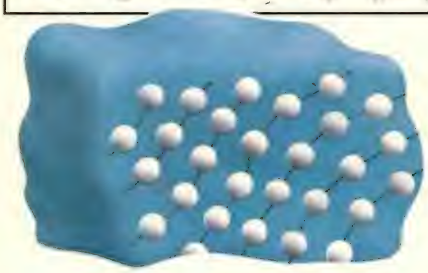
الْقَوْلَبَةُ بِالضَّغْطِ لِلّدائِنِ الْمُقَاوِمَةِ لِلْحَرَارَةِ تَسْتَخْدِمُ مِكْبَسَ بُرِيمَةٍ (يمين) لِإِدْخَالِ مَسْحُوقِ رَاتِنْجٍ فِى قَالَبٍ . وَبِالتَّسْخِينِ يَتَحَلَّلُ الرَّاتِنْجُ وَيَتَّصِلُ عَرَضِيًّا . وَهَذِهِ الْمَادَّةُ جَيِّدَةٌ لِبَعْضِ الْأَصْنَافِ مِثْلِ كُوزِ الْقَهْوَةِ (يسار) الَّذِى يَجِبُ أَنْ يَتَحَمَّلَ الْحَرَارَةَ .



يُحْقَنُ الرَّاتِنْجُ الْمُنْصَهِرُ فِى الْقَالَبِ (أسفل) . والْحَرَارَةُ تَجْعَلُ سَلَاسِلَ الْبُولِيمَرِ (أعلى) تَفْقِدُ تَصَلُّبَهَا وَتَنْزَلِقُ فَوْقَ بَعْضِهَا الْبَعْضِ .



وَبِمُجَرَّدِ تَشْكِيلِهَا فِى الشَّكْلِ الْمَطْلُوبِ (أسفل) ثُمَّ التَّبْرِيدِ فَإِنَّ الْبُولِيمَرَاتِ تَسْتَعِيدُ تَرْتِيبَهَا الصُّلْبَ (أعلى) وَتَتَصَلَّبُ .



وَبِإِعَادَةِ تَسْخِينِ رَاتِنْجٍ مُطَاوِعٍ لِلْحَرَارَةِ يَعُودُ إِلى الْحَالَةِ الْمَائِعَةِ (أعلى) وَمَعَ كُلِّ تَسْخِينٍ ، يَنْصَهِرُ الْجِسْمُ الْمُشَكَّلُ (أسفل) وَيُصْبِحُ لَيِّنًا .







قَدْ تَفْقِدُ الْمُنْتَجَاتُ الْمُطَاوِعَةُ لِلْحَرَارَةِ شَكْلَهَا إِذَا سُخِّنَتْ ، مِثْلَ صُنْدُوقِ الْقُمَامَةِ هَذَا .

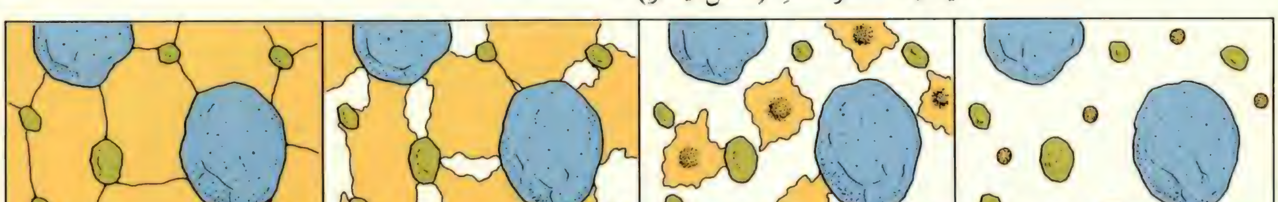
آلَةُ الْقَوْلَبَةِ بِالْحَقْنِ ، تَصْهَرُ الرَّاتِنْجَ والصِّبْغَةَ مَعًا ، وَتَقُومُ بُرِيمَةٌ دَوَّارَةٌ بِحَقْنِ الْمَصْهُورِ فِى قَالَبٍ . وَالْمُنْتَجُ ــ هُنَا ، صُنْدُوقُ قُمَامَةٍ ــ لَا يُفْصَلُ عَنِ الْقَالَبِ إِلَّا بَعْدَ تَبْرِيدِهِ وَتَصَلُّبِهِ .

لمَاذَا تتَصَلَّبُ الْخَرَسَانَةُ ؟

تتكَوَّنُ الْخَرَسَانَةُ مِنْ ثَلاثَةِ مُكَوِّنَاتٍ . الْأَوَّلُ الْأَسْمَنْتُ وَهُوَ مَسْحُوقٌ مِنْ عِدَّةِ مَعَادِنَ . وَالثَّانِى الرُّكَامُ ، وَهُوَ مَخْلُوطٌ مِنْ دَقَائِقَ صَخْرِيَّةٍ تَتَرَاوَحُ حَجْمًا مِنَ الْحَصَى إِلَى الرَّمْلِ . وَالثَّالِثُ الماءُ ، وهُوَ أَسَاسِىٌّ لشَكِّ الْخَرَسَانَةِ . وَعِنْدَ إضَافَةِ الْمَاءِ إِلَى الْمُكَوِّنَيْنِ الْأَوَّلَيْنِ ، فَإِنَّهُ يَتَفَاعَلُ كِيمْيَائِيًّا مَعَ الْمَعَادِنِ فِى الْأَسْمَنْتِ مُكَوِّنًا مُرَكَّبًا قَوِىَّ اللَّصْقِ يُحِيطُ وَيَلْتَصِقُ بِدَقَائِقِ الرُّكَامِ . وَخِلالَ سَاعَاتٍ قَلِيلَةٍ ، تَتَصَلَّبُ هَذِهِ الْعَجِينَةُ إلى مَادَّةٍ تُشْبِهُ الْحِجَارَةَ فِى عَمَلِيَّةٍ تُسَمَّى الشَّكَّ . وَلَا يَتَبَخَّرُ الْمَاءُ مِنَ الْأَسْمَنْتِ وَلَكِنَّهُ يَبْقَى مُرْتَبِطًا دَاخِلَهُ فِى الْمُرَكَّبَاتِ الْجَدِيدَةِ . وَالنَّتِيجَةُ تَكَوُّنُ مَادَّةٍ قَوِيَّةٍ صُلْبَةٍ تُسْتَخْدَمُ فِى الْمَبَانِى وَالْكَبَارِى والطُّرُقِ وعَدَدٍ لايُحْصَى من الْإِنْشَاءَاتِ الْكَبِيرَةِ والصَّغِيرَةِ .



اتِّصَالُ الْخَرَسَانَةِ بالمَاءِ عِنْدَ خَلْطِ الْمَاءِ فِى الْأَسْمَنْتِ ، يَحْدُثُ تَمَيُّهٌ عِنْدَمَا تُحَوِّلُ جُزَيْئَاتُ الماءِ دَقَائِقَ الأَسْمَنْتِ إلى مُرَكَّبَاتٍ لَاصِقَةٍ جَدِيدَةٍ . وَيُحِيطُ الْأَسْمَنْتُ المتميِّه بدقَائِقِ الرُّكَامِ (أسفل) وَيَتَصلَّبُ . وَلِزِيَادَةِ الْقُوَّةِ فَإِنَّ الْأَسْمَنْتَ الْمُتَمَيِّهَ يَمْلأُ الْفَرَاغَاتِ (أسفل يسار) .



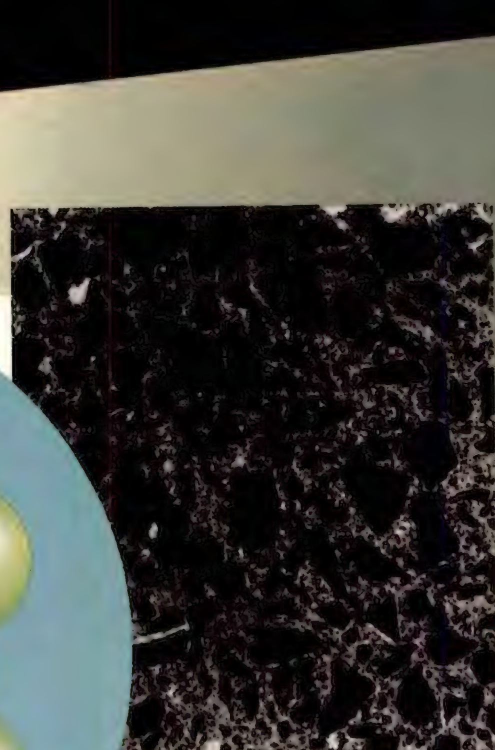
ذَرَّاتُ فِلِزٍّ





تَرْكِيبُ فِلِزّ

فِى الْبِلُّورَاتِ الْفِلِزِّيَّة (أعلى — يمين) تَتَجَمَّعُ ذَرَّاتُ الْفِلِزِّ مَعًا فِى شَبَكٍ مُتَنَاسِقٍ قَوِىٍّ ، تَقُومُ فِيه كُلُّ ذَرَّةٍ بِجَذْبِ الذَّرَّاتِ الْمُحِيطَةِ بِهَا .



▲ خَرَسَانَة



تَرْكِيبُ الْخرسَانَةِ

تُكَوِّنُ الْخَرَسَانَةُ شَبَكَةً مُتَجَمِّعَةً مِثْلَ الْفِلِزَّاتِ تَقْرِيبًا . وَكُلُّ دَقِيقَةِ أَسْمَنْتٍ تَتَجَاذَبُ مَعَ قِطَعِ الْحَصَى وَالرَّمْلِ الْمُجَاوِرَةِ لَهَا . وَهَذِهِ التَّقْوِيَةُ تَجْعَلُ الْخَرَسَانَةَ شَرِيكًا جَيِّدًا لِلْفِلِزَّاتِ فِى دَعْمِ الْكَبَارِى أَو الْأَحْمَالِ الثَّقِيلَةِ الْأُخْرَى .

كَيْفَ يُشَكَّلُ الزُّجَاجُ ؟

تُصْنَعُ مُعْظَمُ أَنْوَاعِ الزُّجَاجِ مِنْ مَخْلُوطٍ من الصُّودَا (كَرْبُونَاتُ الصُّودْيُوم) والْجِيرِ (أُكْسِيدِ الْكَالْسِيُوم) والرَّمْلِ (ثانى أكسيد السيليكون). وفى الرَّمْلِ يُكَوِّنُ ثَانِى أُكسيد السِّيلِيكُون شَبَكَاتٍ مُنْتَظِمَةً طَوِيلَةً من ذَرَّاتِ السِّلِيكون والأُكْسُجِين . وَتَفْقِدُ هَذِهِ الشَّبَكَات تَمَاسُكَهَا بِصَهْرِ الْمَوَادِّ الْخَامِ ، وَلَكِنَّهَا سُرْعَان مَا يَشْتَدُّ تَمَاسُكُهَا عِنْدَمَا تَبْرُدُ . وَلِصِنَاعَةِ الزُّجَاجِ ، يَتِمُّ عَادَةً التَّبْرِيدُ بِسُرْعَةٍ لاتُمَكِّنُ الْجُزَيْئَاتِ من إِعَادَةِ تَرْتِيبِ نَفْسِهَا ، وَلَكِنَّهَا تَلْتَصِقُ فِى أَمَاكِنِهَا الْجَدِيدَةِ ، مُكَوِّنَةً شَبَكَةً غَيْرَ مُنْتَظِمَةٍ وَلَيْسَتْ سَائِلًا ، وَلَكِنَّ شَبَكَاتِهَا الْبِلُّورِيَّةَ تَنْتَمِى إِلَى الْجَوَامِدِ الْحَقِيقِيَّةِ .

وَمُعْظَمُ الزُّجَاجِ الْمَصْنُوعِ عَلَى هَيْئَةِ أَلْوَاحٍ زُجَاجِيَّةٍ يُسْتَخْدَمُ فِى الْأَبْوَابِ والنَّوَافِذِ . وَيُوَضِّحُ هُنَا أَحَدُ طُرُقِ صِنَاعَتِه ، حَيْثُ يُصْهَرُ ثَانِى أُكْسِيدِ السِّلِيكُون أَوَّلًا ثُمَّ يُخْلَطُ بِالْمُكَوِّنَاتِ الْأُخْرَى . وَيَنْسَابُ إِلى حَوْضٍ يُغَذَّى منه إلى مَجْمُوعَةٍ من الْأُسْطُوَانَاتِ تَضْغَطُه إِلى أَلْوَاحٍ رَقِيقَةٍ .

من سِلِيكُون إلى لَوْحِ زُجَاجٍ



بِدَايَةٌ عَنِيفَةٌ

المكَوِّنَاتُ الأَسَاسِيَّةُ لِلزُّجَاجِ هِىَ الصُّودَا وَالْجِير وَسِلِيكا الرَّمْل . وَتَبْدَأُ صِنَاعَةُ الزُّجَاجِ فِى الْفُرْنِ حَيْثُ تُصْهَرُ الْمُكَوِّنَاتُ .

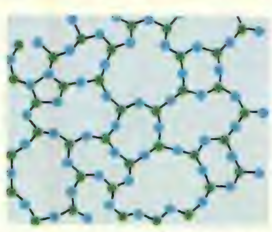
ذَرَّاتٌ تَتَحَرَّكُ

تَتَحَرَّكُ الذَّرَّاتُ عَشْوَائِيًّا فى الزُّجَاجِ الْمَصْهُورِ .

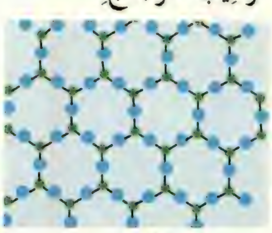
زُجَاجٌ مَصْهُور

الْبِلَّوْرُ وَالزُّجَاجُ

يَتَكَوَّنُ الزُّجَاجُ والْكُوَارتزْ مِنْ ثَانِى أُكْسِيدِ السِّلِيكُون . وَلَكِنَّ الْجُزَيْئَاتِ فِى الْكُوَارْتِزْ تُكَوِّنَ شَبَكَةً بِلُّورِيَّةً مُنْتَظِمَةً (أسفل يسار) وَلَكِنَّهَا فِى الزُّجَاجِ (يسار) لَيْسَتْ كَذَلِكَ .



تَرْكِيبُ الزُّجَاجِ



تَرْكِيبُ الْكُوَارْتِز



بِلُّورَاتُ كُوَارْتِز

سِلِيكون
أُكْسُجِين
صُودْيُوم

نَفْخُ فُقَّاعَة

نَفْخُ الزُّجَاجِ هو تَقْنِيَةٌ قَدِيمَةٌ وَلكِنَّهَا مَازَالَتْ مُسْتَخْدَمَةً ، وفيها يُشَكِّلُ الصَّانِعُ قِطْعَةً من الزُّجَاجِ الْمَصْهُورِ بِنَفْخِهَا خِلَالَ أُنْبُوبٍ مُجَوَّفٍ .



● شَبَكَةٌ غَيرُ مُنْتَظِمَة

فى الزُّجَاجِ الْجَامِدِ ، تَتَّصِلُ كُلُّ ذَرَّةِ سِلِيكُون (أخضر) بِثَلَاثِ ذَرَّاتِ أُكْسُجِين (أزرق)، وَلَكِنْ لَيْسَتْ هُنَاكَ شَبَكَةٌ مُنْتَظِمَة .

عِنْدَ ١٥٠٠°م (٢٧٠٠°ف) يَنسَابُ الزُّجَاجُ الْمَصْهُورُ إلى حَوْضٍ . وَتُجْذَبُ الْكُتْلَةُ اللَّزِجَةُ بِمَوَاسِكَ كَأَسْنَانِ الْمُشْطِ إلى أعلى بَيْنَ سِلْسِلَةٍ مِن الْأُسْطُوَانَاتِ تَضْغَطُ الزُّجَاجَ الْمُبَرَّدَ إلى أَلْوَاحٍ مُسَطَّحَةٍ .

مَا هِىَ بَعْضُ اسْتِخْدَامَاتِ الزُّجَاجِ ؟

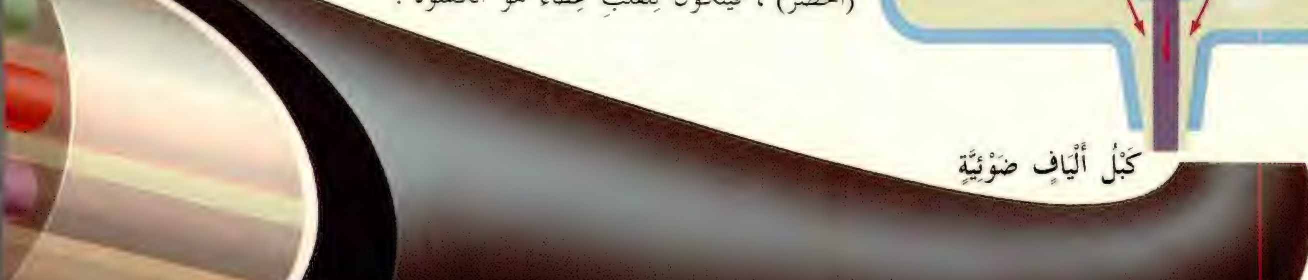
الزُّجَاجُ مَادَّةٌ غَيْرُ عَادِيَّةٍ . فَمُكَوِّنُهَا الْأَسَاسِىُّ ــ ثَانِى أُكْسِيدِ السِّيلِيكُون ــ مِنْ أَرْخَصِ الْمَوَادِّ وَأَكْثَرِهَا انْتِشَارًا عَلَى الْأَرْضِ . وَلِلزُّجَاجِ خَوَاصٌّ مُتَمَيِّزَةٌ وَآلَافُ الاسْتِعْمَالَاتِ ، لَيْسَ فَقَطْ فِى النَّوَافِذِ وَالْأَوَانِى الزُّجَاجِيَّةِ ، وَلَكِنْ أَيْضًا فِى أَمَاكِنَ أُخْرَى غَيْرِ ظَاهِرَةٍ مِثْلِ الْأَلْيَافِ الْعَازِلَةِ وَكَبْلِ الاتِّصَالَاتِ . وَقَدْ طَوَّرَتْ إِحْدَى شَرِكَاتِ الزُّجَاجِ ١٠٠٠٠٠ نَوْعٍ مِن الزُّجَاجِ .

وَتَعَدُّدِ اسْتِعْمَالَاتِ الزُّجَاجِ يَكْمُنُ فِى أَنَّ التَّغَيُّرَاتِ الطَّفِيفَةَ فِى مُكَوِّنَاته أَوْ فِى طَرِيقَةِ صِنَاعَتِهِ ، قَدْ تُؤَثِّرُ تَأْثِيرًا كَبِيرًا عَلَى خَوَاصِّهِ الطَّبِيعِيَّةِ . وَعلى هَذِهِ الصَّفَحَاتِ أَنْوَاعٌ خَاصَّةٌ من الزُّجَاجِ مِثْل زُجَاجِ الْبُورُوسِيلِيكَاتِ الْمُقَاوِمِ لِلْحَرَارَةِ والْمُسْتَخْدَمِ فِى أَوَانِى الطَّهْى ، وَزُجَاجِ الْأَمَانِ الْمُعَالَجِ الذى يَتَماسك ولا يَتَنَاثَرُ إِذَا كُسِرَ ، والْمُسْتَخْدَمِ لِصِنَاعَةِ نَوَافِذِ السَّيَّارَاتِ .

اللِّيفَةُ الضَّوْئِيَّةُ (مقابل يمين) لَهَا جُزْءَان : قَلْبٌ مِن الزُّجَاجِ ، وَطَبَقَةٌ زُجَاجِيَّةٌ حَوْلَهَا تُسَمَّى الْكُسْوَةَ . وَتَحْمِى الْكُسْوَةُ نَبَضَاتِ الضَّوْءِ الشِّفْرِيَّةَ الَّتى تَنْتَقِلُ بِسُرْعَةٍ فَائِقَةٍ خِلَالَ الْقَلْبِ لِمَسَافَاتٍ طَوِيلَةٍ . ومَجْمُوعَاتُ الْأَلْيَافِ الْمُقَيَّدَةِ مَعًا (أسفل) تُكَوِّنُ كَبْلًا ضَوْئِيًّا يُمْكِنُهُ أَنْ يَنْقُلَ الْمَعْلُومَاتِ أَبْعَدَ مما يَسْتَطِيعُ كَبْلٌ مَعْدِنِىٌّ بِنَفْسِ الْحَجْمِ . وَلِعَمَلِ لِيفَةٍ ضَوْئِيَّةٍ مُفْرَدَةٍ (يمين)، فَإِنَّ الزُّجَاجَ الْمَصْهُورَ الْمُكَوِّنَ لِلْقَلْبِ (أرجوانى) يُدْفَعُ خَارِجَ قَاعِ حَوْضٍ ثَانٍ بِهِ زُجَاجٌ مَصْهُور (أخضر) ، فَيَتَكَوَّنُ لِلْقَلْبِ غِطَاءٌ هُوَ الْكُسْوَةُ .

إِرْسَالُ إِشَارَةٍ خِلَالَ الزُّجَاجِ





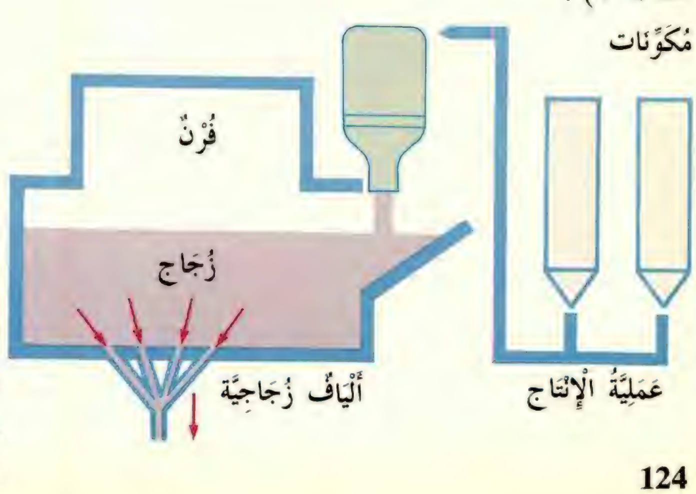
غَزْلُ أَلْيَافٍ زُجَاجِيَّةٍ

آلَةُ غَزْلِ الزُّجَاجِ (أسفل) تَدْفَعُ الزُّجَاجَ الْمَصْهُورَ خِلَالَ ثُقُوبٍ دَقِيقَةٍ ، فَتَنْتُجُ خُيُوطٌ رَفِيعَةٌ ، يَتِمُّ غَزْلُهَا إِلَى أَلْيَافٍ مَرِنَةٍ مَتِينَةٍ . وَتُسْتَخْدَمُ طَرِيقَةٌ مُشَابِهَةٌ لِعَمَلِ الْأَلْيَافِ الاصْطِنَاعِيَّة (ص ١٠٨ ــ ١٠٩) .



مَادَّةٌ عَازِلَةٌ لِلْحَرَارَةِ

الْأَلْيَافُ الزُّجَاجِيَّةُ يُمْكِنُ لَفُّهَا عَلَى بَكَرٍ (أعلى ــ يمين) أَوْ مَزْجُهَا بِاللَّدَائِنِ وتَعْبِئَتُهَا كَمَوَادَّ عَازِلَةٍ .



يَرْتَدُّ الضَّوْءُ المارُّ فِى الْأَلْيَافِ الضَّوْئِيَّةِ بَيْنَ الْقَلْبِ والْكُسْوَةِ .



زُجَاجٌ مُطَعَّمٌ بالْبُورُون

إِضَافَةُ أُكْسِيدِ الْبُورُونِ إلى مَصْهُورِ الزُّجَاجِ يُنْتِجُ زُجَاجًا صُلْبًا مُقَاوِمًا لِلْحَرَارَةِ ، مِثَالِيًّا لِلتَّجْهِيزاتِ الْمَعْمَلِيَّةِ .





الأَلُومُونْيوم والزُّجَاج

زُجَاجُ سِلِيكاتِ الْأَلُومُونْيُوم الْمُقَوَّى بِأُكْسِيدِ الْأَلُومُونْيُوم يُقَاوِمُ التَّآكُلَ . وَيُسْتَخْدَمُ فِى تَجْهِيزَاتِ الْكِيمياءِ والآلاتِ الطِّبِّيَّةِ .

الزُّجَاجُ الرَّصَاصِىُّ

أُكْسِيدُ الرَّصَاصِ يَمْنَحُ بِلُّورَ الْأَوَانِى الزُّجَاجِيَّةِ (أسفل) شَكْلَهَا الْمُتَمَيِّزَ . وَيُسْتَخْدَمُ أَيْضًا لِصِنَاعَةِ الْعَدَسَاتِ والْمَنْشُورَاتِ .





عَدَسَاتُ الْكَامِيرَاتِ من الزُّجَاجِ الرَّصَاصِىِّ

زُجَاجُ الْأَمَانِ الْمُعَالَجِ

يُعَامَلُ زُجَاجُ الْأَمَانِ مُعَامَلَةً حَرَارِيَّةً خَاصَّةً . وَيُسْتَخْدَمُ فِى الْأَبْوَابِ ونَوَافِذِ السَّيَّاراتِ ، وَيَمْنَعُ الْإِصَابَاتِ الْخَطِيرَةَ لأَنَّهُ يَتَفَتَّتُ إلى أَجْزَاءٍ صَغِيرَةٍ غَيْرِ حَادَّةِ الْأَطْرَافِ .



كَيْفَ تُصْنَعُ الْعُطُورُ ؟

مُنْذُ فَجْرِ التَّارِيخِ الْمُدَوَّنِ ، تُعْتَبَرُ الْعُطُورُ مَحَالِيلَ طَيِّبَةَ الرَّائِحَةِ لِكِيمْيَائِيَّاتٍ عِطْرِيَّةٍ . وَتَحْتَاجُ الْمَادَّةُ إِلَى مُوَاصَفَاتٍ خَاصَّةٍ لِتَكُونَ عِطْرِيَّةً وَتَكْتَشِفُهَا أَنْفُ الْإِنْسَانِ . فَجُزَيْئَاتُهَا يَجِبُ أَنْ تَكُونَ خَفِيفَةً جِدًّا لِتَطْفُوَ فِى الْهَوَاءِ وتَصِلَ إِلَى الْأَنْفِ ، وأَنْ تَكُونَ قَابِلَةً لِلذَّوَبَانِ فِى الْمَاءِ لِتَدْخُلَ الْغُدَّةَ الشَّمِّيَّةَ وتُرسَلَ إِلَى الْمُسْتَقْبِلِ فِى الْمُخِّ . واسْتِخْرَاجُ الْمَوادِّ الطَّبِيعِيَّةِ طَيِّبَةِ الرَّائِحَةِ دُونَ إِتْلَافِ خَوَاصِّهَا الْكِيمْيَائِيَّةِ الْمُعَقَّدَةِ يَتَطَلَّبُ مَهَارَةً شَدِيدَةً . وَأَكْثَرُ الطُّرُقِ اسْتِعْمَالًا لِاسْتِخْلَاصِ الرَّوَائِحِ من الزُّهُورِ مِثْلَ بَتَلَاتِ الوَرْدِ ، هى الاسْتِخْلاصُ بالْمُذِيبِ (أسفل) والتَّقْطِيرُ بالْبُخَارِ (يسار). فَفِى الْأُولَى تُنْقَعُ الزُّهُورُ فِى سَائِلٍ يُذِيبُ الْجُزَيْئَاتِ الْعِطْرِيَّةَ . وَتُرَشَّحُ الرَّوَاسِبُ ، ثم يُبَخَّرُ الْمُذِيبُ فَيَتْرُكُ الزَّيْتَ الْمَطْلُوبَ . وفى التَّقْطِيرِ بِالْبُخَارِ ، يُمَرَّرُ بُخَارُ الماءِ على الزُّهُورِ فَيَأْخُذُ مِنْهَا الزُّيُوتَ ذَاتَ الرَّائِحَةِ إِلَى مُكَثِّفٍ ، حَيْثُ يَتَكَثَّفُ الْبُخَارُ إِلَى مَاءٍ ، وَيَنْفَصِلُ عن الزُّيُوتِ .

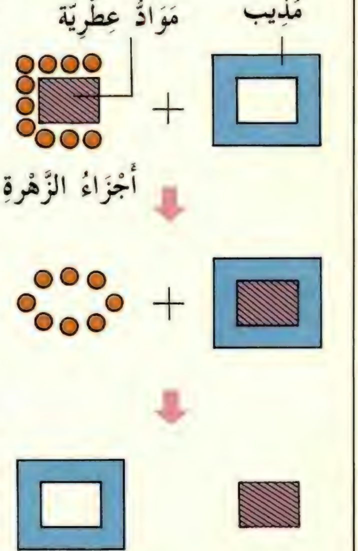
الْحُصُولُ عَلَى خُلَاصَةِ الْعِطْرِ

ضَغْطُ بُخَارِ الْمَاءِ يَحُثُّ الزُّيُوتَ الْعِطْرِيَّةَ فِى بَتَلاتِ الزُّهُورِ عَلَى التَّبَخُّرِ عِنْدَ دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ أَقَلَّ من دَرَجَاتِ غَلَيَانِهَا . وَهَذَا يَسْمَحُ لِلْفَنِّيِّينَ بِاسْتِخْلَاصِ الزُّيوتِ دُونَ إِتْلَافِهَا .



التَّقْطِيرُ بالْبُخَار

الاسْتِخْلَاصُ بِالْمُذِيبِ



النَّقْعُ : تُوضَعُ أَجْزَاءُ الزَّهْرَةِ الْمُحْتَوِيَةُ عَلَى الزُّيُوتِ الْعِطْرِيَّةِ فِى مُذِيبٍ .

الْإِذَابَة : تَذُوبُ الزُّيُوتُ الْعِطْرِيَّةُ فِى الْمُذِيبِ ، وَتُزَالُ بَاقِى أَجْزَاءِ الزَّهْرَةِ .

التَّبْخِير : يُبَخَّرُ الْمُذِيبُ ، فَيُخَلِّفُ وَرَاءَهُ الْمَادَّةَ الْعِطْرِيَّةَ .

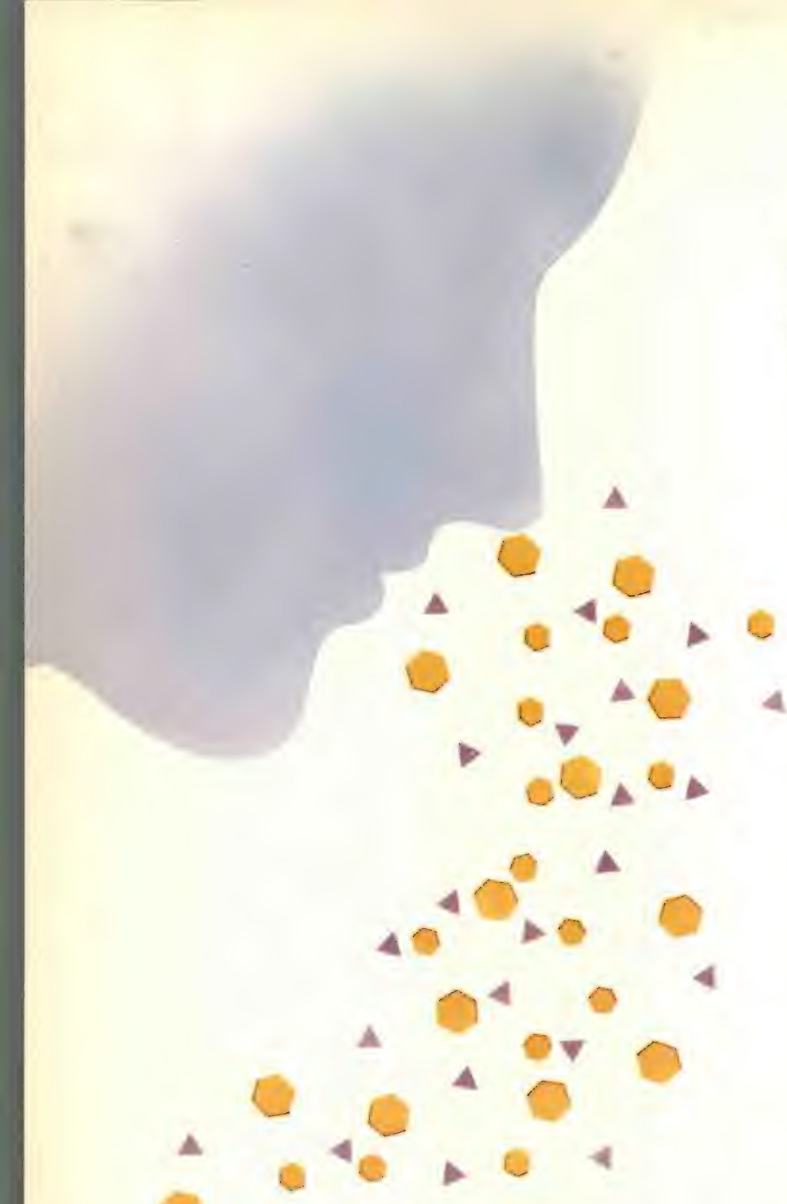
أَسْرُ الرَّائِحَة

عِنْدَمَا تَتَبَخَّرُ الْجُزَيْئَاتُ الْعِطْرِيَّةُ ، فَإِنَّهَا تَنْتَقِلُ وَسَطَ بُخَارِ الْمَاءِ إِلى مُكَثِّفٍ . فَيَتَحَوَّلُ الْبُخَارُ إِلى مَاءٍ وَتَتَحَوَّلُ أَبْخِرَةُ الْعِطْرِ إِلى زُيُوتٍ مَرَّةً أُخْرَى .



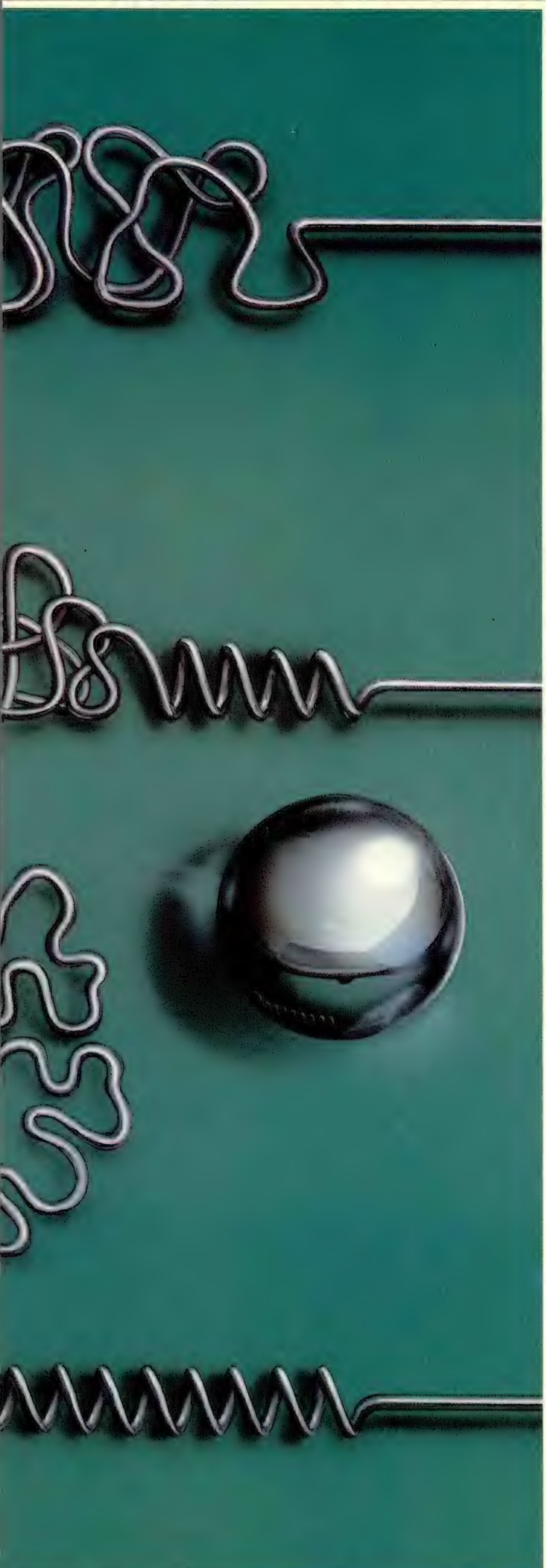
الزَّيْتُ والماءُ

عِنْدَمَا يَتَكَثَّفُ الْبُخَارُ والزيتُ ، تَتَسَاقَطُ إِلى إِنَاءٍ وتُنْفَصَل . فالماءُ يَهبِطُ فِى الْقَاعِ ، بَيْنَمَا يَتَجَمَّعُ الزَّيْتُ — وهُو الأَخَفُّ — عَلَى السَّطْحِ .



الْمُنْتَجُ النِّهَائِى

تُخْلَطُ الزُّيُوتُ لِإِعْطَاءِ الرَّائِحَةِ الْمَطْلُوبَةِ ، ثم تُذَابُ فِى كُحُولٍ . وَعِنْدَمَا يَتَبَخَّرُ الكُحُولُ (مثلثات)، يَحْمِلُ مَعَهُ الرَّائِحَةَ .



6 اكْتِشافُ الْمَوادِّ الْجَدِيدَة

مُنْذُ حوَالَى عَشرَةِ آلافِ سَنَةٍ ، حِينَ حَوَّلَ الْخَزَّافُونَ الْأَوائِلُ التُّربَةَ اللَّيِّنَةَ إلى خزفٍ صُلْبٍ ، وَلَمْ يَتَوَقَّفِ الإنْسَانُ عن الْبَحْثِ عن طُرُقٍ لِتحْوِيلِ الموادِّ الطَّبِيعيَّةِ إلى موادَّ جَدِيدَةٍ . وفِى أَوَاخِرِ الْقَرْنِ التَّاسعَ عَشر توصَّلَت التَّجَارِبُ إلى إنْتَاجِ أوَّلِ مُرَكَّباتٍ عُضْويَّةٍ اصْطِنَاعيَّةٍ ، وَلَكِنْ مُنْذُ عام ١٩٥٠ تَمَكَّنَ العُلَماءُ بِجَدارَةٍ مِنْ إحْدَاثِ ثَوْرَةٍ حَقِيقيَّةٍ فِى اصْطِنَاعِ موادَّ تُحقِّقُ الاحْتِياجَاتِ الصِّنَاعِيَّةَ أو الْمُواصَفَاتِ الْفَنِّيَّةَ .

وَوَراءَ هذا التَّقَدُّمِ الْمُذهِلِ ، يَقِفُ عِلْمٌ جَدِيدٌ هو تَقْنِيةُ الْمَوادِّ . فَمُتَخصِّصُوهُ تُساعِدُهم الْمَجَاهِرُ الإلِكْتُرونِيَّةُ فَائقَةُ التَّكْبِيرِ وَتِقْنِيَّاتُ الْعَمَلِيَّاتِ الْمُتخصِّصَةِ ، قَدْ عَرَفُوا كَيْفَ يُغَيِّرونَ التَّرْكِيبَ الذَّرِّىَّ لِلْمَوادِّ وَبالتَّالى خَوَاصَّهَا الدَّقِيقَةَ مِثْلَ مَدَى صَلَابَتِهَا أو مُرونَتِهَا أو مَدَى مُقَاوَمَتِهَا لِلْحَرارَةِ. وَقَدْ أَنْتَجَت الْبُحُوثُ مَجْمُوعَةً واسِعَةً مِن الموادِّ الاصْطِنَاعِيَّةِ تُغَيِّرُ كُلَّ مَظْهَرٍ لِلْحَياةِ الْحَدِيثَةِ . فَالسِّيرَامِيكُ الْمُتَماسِكُ الْمُقاوِمُ لِلتَّآكُلِ يُسْتَخْدَمُ لِزِرَاعَةِ الْعِظَامِ الصِّنَاعِيَّةِ أَوْ أَسْلِحَةِ قَطْعِ الْحَدِيدِ الصُّلْبِ ، بَيْنَمَا مَلايِينُ الْجُزَيْئَاتِ البلُّورِيَّةِ تُكَوِّنُ الصُّوَرَ الْمُلَوَّنَةَ على شاشاتِ تِليفزْيونِ الجيب . وفى صِنَاعَةِ السَّيَّاراتِ ، اسْتُخْدِمَتْ لدائِنُ مُعَزَّزَةٌ بأَلْيَافِ الْكَرْبُونِ لِصِنَاعَةِ أَجْزاءٍ خَفِيفَةٍ مَتِينَةٍ ، تجعلُ السَّيَّارَةَ أَخفَّ ، فتَسْتَهْلِكُ وَقُودًا قلِيلًا .

هَذا قلِيلٌ مِنْ كَثِيرٍ مِن التَّطْبِيقَاتِ لِلْمَوادِّ الْمُتطَوِّرَةِ الْيَومَ . فَاهْتِمَامُ الْكِيمْيائيِّينَ بِتَرْكِيبِ الْمَادَّةِ ، يُحَقِّقُ التَّطْوِيرَ الْمُسْتَمِرَّ لِموادَّ جَدِيدَةٍ . وفِى هَذا الْفَصْلِ ، سَنَتَنَاوَلُ بَعَضَ الْمَوادِّ الْمُتَقَدِّمَةِ الْمُستَخْدَمَةِ حالِيًّا .

تُعْتَبَرُ سَبَائِكُ الشَّكْلِ مِنْ بيْنِ أَعاجِيبِ الموادِّ الْمُتقَدِّمَةِ الْيوم . وَهِى جَوامِدُ مَعْدِنِيَّةٌ تَتَذكَّرُ شَكْلَهَا الأَصْلِى . إلى اليسار سِلْكُ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ عُقِدَ فِى كُتْلَةٍ مُتَشَابِكَةٍ (أعلى)، فَيَعُودُ تَدْرِيجيًّا إلى شَكْلِه الْأَصْلِىِّ (أسفل) عِنْدَما يُسَخَّنُ .



مَا هِىَ أَنْوَاعُ السِّيرَامِيك (الْخَزَفِيَّات) الْمُطَوَّرِ ؟

كَلِمَةُ السِّيرَامِيك هِىَ مِنْ كَلِمَةٍ إِغْرِيقِيَّةٍ مَعْنَاهَا الْأَوَانِى الْخَزَفِيَّة . وفى السِّيرَامِيك التَّقْلِيدِىّ ــ الفخار وَالآجُرّ والصِّينِىّ وَالخزف الْمُزجّج ــ يكُونُ الْمُكَوِّنُ الْأَسَاسِىُّ هُوَ الطِّينُ. فَتُخْلَطُ دَقَائِقُ الطِّينِ مَعَ مَعَادِنَ أُخْرَى وَتُصْهَرُ بِالحَرَارَةِ حتى تَتَّحِدَ ذَرَّاتُهَا مَعًا . وَقَدْ تَرْتَبِطُ الذَّرَّاتُ فِى مَجْمُوعَاتٍ مُنْتَظِمَةٍ فِى نِظَامٍ ثُلاثِىِّ الْأَبْعَادِ وَتُعْرَفُ بِالبِلُّورَاتِ . وفى أَنْوَاعٍ كَثِيرَةٍ مِنْه ، تُكَوِّنُ الْبِلُّورَاتُ مَجْمُوعَاتٍ كَبِيرَةً من الْبِلُّورَاتِ الْمُتَرَابِطَةِ تُسَمَّى حَبَّاتٍ مُتَعَدِّدَةَ التَّبَلُّرِ . وَتَرْكِيبُ هَذِهِ الْحَبَّاتِ يُحَدِّدُ مَتَانَةَ الْمَادَّةِ ، وَمَسَامِيَّتَهَا وَنُقْطَةَ انْصِهَارِهَا .

وَيُنْتَجُ السِّيرَامِيكُ الْمُتَطَوِّرُ بِطُرُقٍ كِيمْيَائِيَّةٍ حَدِيثَةٍ ، وَلَكِنَّهُ يُصْهَرُ أَيْضًا بِالْحَرَارَةِ كَالسِّيرَامِيك الْقَدِيمِ وَتِقْنِيَّاتُ السِّيرَامِيكِ الْحَدِيثَةُ تُقَدِّمُ مَوَادَّ بِالْمُوَاصَفَاتِ الْمَطْلُوبَةِ لِأَشْيَاءَ مُخْتَلِفَةِ الاسْتِعْمَالِ مِثْلِ مَفَاصِلِ الرُّكْبَةِ الصِّنَاعِيَّةِ وَمُحَرِّكَاتِ الشَّاحِنَاتِ التُّورْبِينِيَّةِ . وَمَوَادُّ السِّيرَامِيك الْجَدِيدَةُ تَجْمَعُ بَيْنَ الْمَتَانَةِ الْفَائِقَةِ وَالْمُقَاوَمَةِ لِلْحَرَارَةِ وَالصَّلَابَةِ وَالاسْتِقْرَارِ الْكِيمْيَائِىّ ، وَكُلُّهَا خَوَاصُّ تَتَوَقَّفُ على التَّرْتِيبِ الذَّرِّىّ لِلْمَوَادّ . وَيُسَيْطِرُ مُهَنْدِسُو الْكِيمْيَاءِ فِى التَّرْتِيبِ الذَّرِّى لِلسِّيرَامِيك بِالتَّحَكُّمِ الدَّقِيقِ فِى نَقَاءِ وَخَلْطِ وَنُعُومَةِ الْمُكَوِّنَاتِ ، وفى كَمِّيَّةِ الْحَرَارَةِ الْمُسْتَخْدَمَةِ لِلْحَرْقِ . وَبِذَلِكَ يُنْتِجُون مَوَادَّ جَدِيدَةً بِخَوَاصَّ مُوصًى عَلَيْهَا لاسْتِعْمَالاتٍ خَاصَّةٍ .



سِيرَامِيك يُقَطِّعُ شَرَائِحَ مَعْدِنِيَّةً

تَخْتَلِفُ الشَّفَرَاتُ الْمُطَوَّرَةُ من السِّيرَامِيكِ الْمُتَطَوِّر عَنْ أَدَوَاتِ الْقَطْعِ الْمَعْدِنِيَّةِ ، بِأَنَّهَا يُمْكِنُهَا الْقَطْعُ خِلَالَ الْحَدِيدِ دُونَ أَنْ تَسْخَنَ لِدَرَجَةٍ عَالِيَةٍ أَوْ تُثْلَم . وَذَلِكَ بِسَبَبِ الرَّوَابِطِ الْكِيمْيَائِيَّةِ الْقَوِيَّةِ التى [illegible] السِّيرَامِيك .

عمال السِّيرَامِيك الْجَدِيد

السِّيرَامِيكُ فى الْمَنْزِل

الْمِقَصَّاتُ والسَّكَاكِينُ الْمَصْنُوعَةُ من السِّيرَامِيك الجديدِ المَتِينِ تَظَلُّ حَادَّةَ النَّصْلِ وَلَاتَصْدَأُ أَبَدًا .

زَرْعُ الْأَعْضَاء

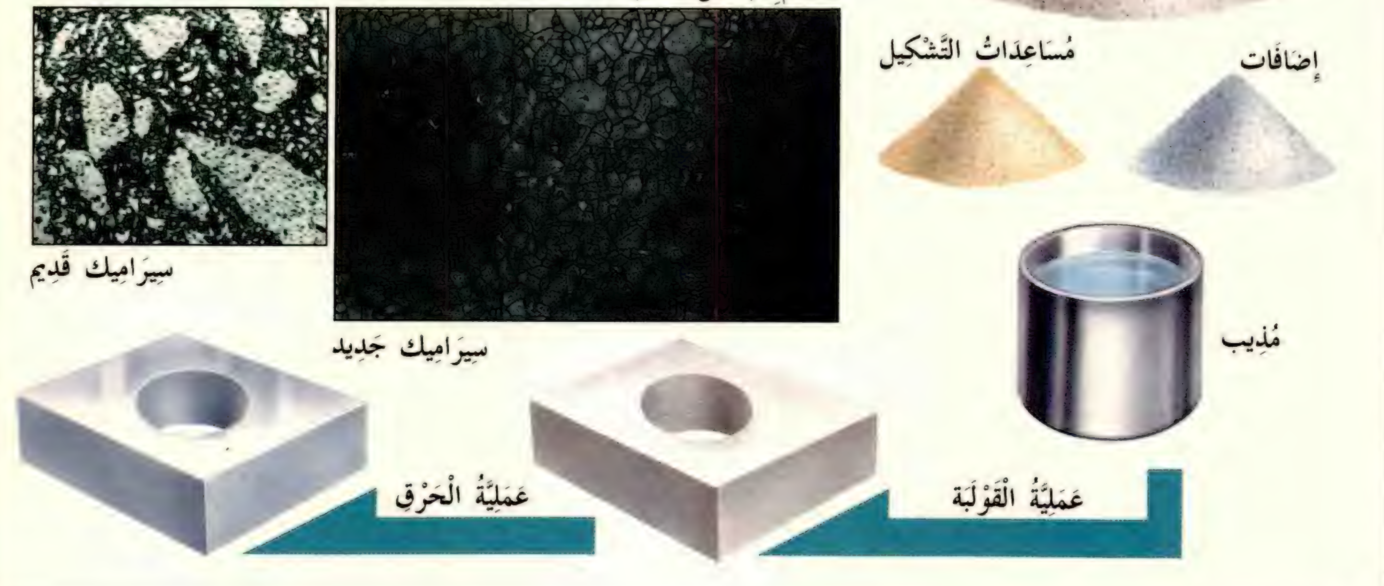
لِأَنَّ سَوَائِلَ الْجِسْمِ لاتُذِيبُ السِّيرَامِيكَ الْجَدِيدَ ، فَإِنَّ هَذِهِ الْمَوادَّ فَائِقَةَ الصَّلَابَةِ تَكُونُ عِظَامًا صِنَاعِيَّةً وَمَفَاصِلَ مِثَالِيَّةً لِزَرْعِهَا فِى جِسْمِ الإِنْسَانِ . وَزَرْعُ السِّيرَامِيك يَتَضَمَّنُ صَهْرَ كَالْسِيُوم بالعِظَامِ الْمُحِيطَةِ .

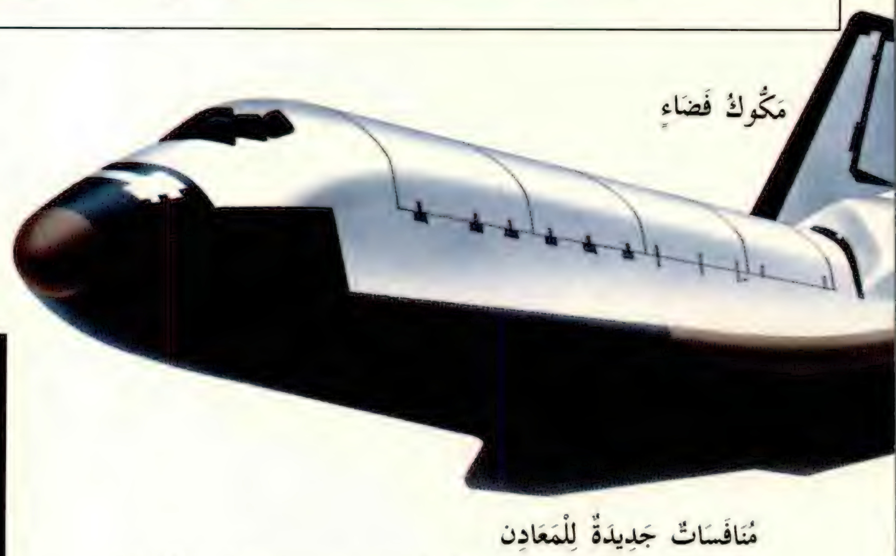
مَفَاصِلُ مِنَ السِّيرَامِيك

تَطْوِيرُ التِّقَنِياتِ الْقَدِيمَةِ لِصِنَاعَةِ سِيرَامِيك مُمْتَاز

الْمساحِيق فائِقَةُ النَّقَاءِ وَتَقَنِيَّاتُ الْحَرْقِ الدَّقِيقَةُ الْمُسْتَخْدَمَةُ لِصناعَةِ السِّيرَامِيك الْجديدِ تُنْتِجُ تَرْكِيبًا بِلُّورِيًّا (أسفل يمين) أَكْثَر نُعُومَةً وانْتِظَامًا من السِّيرَامِيكِ الْقَدِيمِ (أسفل يسار) .







الاحْتِفَاظُ بِالْمَكُّوكِ بَارِدًا

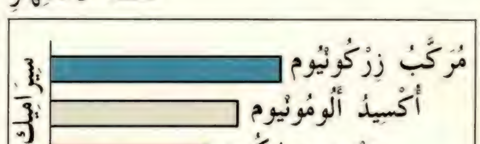
الجانِبُ السُّفْلِيُّ لِجسْمِ مَكُّوكِ الْفَضَاءِ وأَجْنِحَتُهُ (يمين) يُدَرَّعُ بِرقاقَاتِ سِيرَامِيكَ جَدِيدٍ مُقَاوِمٍ لِلْحَرَارَةِ لِمَنْعِ السُّخُونَةِ الزَّائِدَةِ . وَأَثْنَاءَ الْعَوْدَةِ ، قَدْ يُولِّدُ احْتِكَاكُ الْمَكُّوكِ بِالْهَوَاءِ دَرَجَةَ حَرَارَةٍ ١٢٤٥°م .



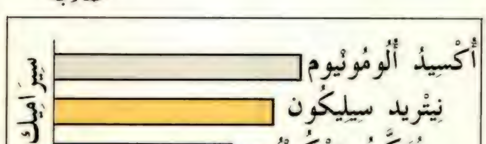
مُنَافَسَاتٌ جَدِيدَةٌ لِلْمَعَادِنِ

تَتَمَيَّزُ بَعضُ موادِّ السِّيرَامِيكِ الْمُتَقَدِّمِ على الحَدِيدِ الزَّهْرِ والأَلُومُونْيُوم والصُّلْبِ فِي اخْتِبَارَاتِ مُقَاوَمَةِ الثَّنِي والصَّلَابَةِ أَو الْقُدْرَةِ عَلَى تَحَمُّلِ الْقَطْعِ . وَكِلاهُمَا تُقَاسُ بِالضَّغْطِ بِالرَّطْلِ على الْبُوصَةِ الْمُرَبَّعَةِ . كَمَا أَنَّها تُقَاوِمُ الحَرَارَةَ أَيْضًا . وهذِهِ الْخَوَاصُّ تَجْعَلُ السِّيرَامِيكَ هُوَ الأَفْضَلَ لِصِنَاعَةِ أَجْزَاءِ آلاتٍ كَثِيرَةٍ (يسار) .

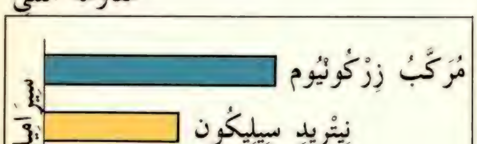
نُقْطَةُ الانْصِهَارِ



صَلَابَة



مُقَاوَمَةُ الثَّنِي



كَيْفَ يُصْنَعُ الماسُ الاصْطِنَاعِىُّ ؟

الماسُ هو أَصْلَبُ الْمَوادِّ الطَّبِيعِيَّةِ عَلَى الْأَرْضِ ، وَيَرْتَفِعُ ثَمَنهُ لِوَمِيضِهِ الْأَخَّاذِ . وَهُوَ أَيْضًا مَتِينٌ ، مُقَاوِمٌ لِلتَّآكُلِ ، وَلَهُ مُقَاوَمَةٌ كَهْرَبِيَّةٌ وَخَواصُّ حَرارِيَّةٌ ، مِمَّا يَجْعَلُهُ مِثَالِيًّا لِلاسْتِخْدَامِ فِى الصِّنَاعَةِ . فَفِى الْمُحَرِّكَاتِ ، والْمُفَاعِلاتِ النَّوَوِيَّةِ وأَجْهِزَةِ الثَّقْبِ ، وفى الفضَاءِ ، وفِى الْمُحِيطِ ، يَعْمَلُ الْمَاسُ فِى ظُرُوفٍ قَاسِيَةٍ تَتْلَف فِيهَا الموادُّ الْأَقَلُّ اسْتِقْرَارًا .

وقَدْ تَكَوَّنَ الماسُ الطَّبِيعِىُّ فِى بَاطِنِ الْأَرْضِ مُنْذُ أَمَدٍ بَعِيدٍ مِنْ رَوَاسِبِ الْكَرْبُونِ الَّتِى تَأَثَّرَتْ بِالْحَرَارَةِ الشَّدِيدَةِ والضَّغْطِ الْعَالِى لِطَيَّاتِ سِتَارِ الأَرْضِ . وكَانَ يَتِمُّ اسْتِخْرَاجُهُ مِن الْمَنَاجِمِ بِجُهُودٍ شَاقَّةٍ وَتَكْلِفَةٍ مُرْتَفِعَةٍ ودَائِمًا كَانَ الطَّلَبُ عَلَى الْمَاسِ الطَّبِيعِىِّ يَفُوقُ مايُسْتَخْرَجُ مِنْه . وَلَكِنْ فِى أَوَاخِرِ الْخَمْسِينِيَّاتِ تَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِن تَهْيِئَةِ ظُرُوفٍ مُمَاثِلَةٍ فى المعْمَلِ لِبَاطِنِ الْأَرْضِ من حَيْثُ الضَّغْطُ ودَرَجَةُ الحَرَارَةِ لِصِنَاعَةِ أَوَّلِ مَاسٍ اصْطِنَاعِىٍّ . وَمَصَانِعُ الْمَاسِ الْيَوْمَ تَسْتَخْدِمُ طَرِيقَتَيْنِ لِتَهْيِئَةِ الْحَرَارَةِ والضَّغْطِ الْعَالِيَيْنِ الْمَطْلُوبةِ لِتَحْوِيلِ التَّرْكِيبِ الْجُزَيْئِى الرِّخْوِ ثنائِىِّ الْأَبْعَادِ لِلْجَرَافِيت ـ أَحَدِ صُوَرِ الْكَرْبُونِ ـ إلى التَّرْكِيبِ الْجُزَيْئِىِّ الْمُتَمَاسِكِ ثُلاثِىِّ الْأَبْعَادِ لِلْمَاسِ . الْأُولَى ، هِى الاصْطِنَاعُ الدِّينَامِيكِى حَيْثُ تُسْتَخْدَمُ طَاقَةُ انْفِجَارٍ لِلتَّحَوُّلِ الْفَوْرِىِّ . والثَّانِيةُ ، الاصْطِنَاعُ الاسْتَاتِيكىّ بالتَّأْثِيرِ الْمُسْتَمِرِّ لِلضَّغْطِ الْعَالِى (أسفل ـ يمين)، حَيْثُ يَتِمُّ التَّحَوُّلُ بِبُطْءٍ .



■ **الْحُصُولُ على مَاسٍ مِنَ الْجِرَافِيت**

فِى غُرْفَةِ الضَّغْطِ الْعَالِى لِوَحْدَةِ مِكْبَس الاصْطِنَاعِ الاسْتَاتِيكى ، يَنْصَهِرُ مَخْلُوطُ الْحَدِيدِ وَالْجرافِيت فَوْق ١٤٠٠°م . وعِنْدَمَا يَبْرُدُ الْمخْلُوطُ يَتَبَلَّر الكَرْبُون إلى بِلُّورَاتِ بُذُورِ الْمَاسِ . وَيُسْتَخْدَمُ مُذِيبٌ لِلتَّخَلُّصِ من الْحَدِيدِ ، وَيَتَبَقَّى الْمَاسُ .

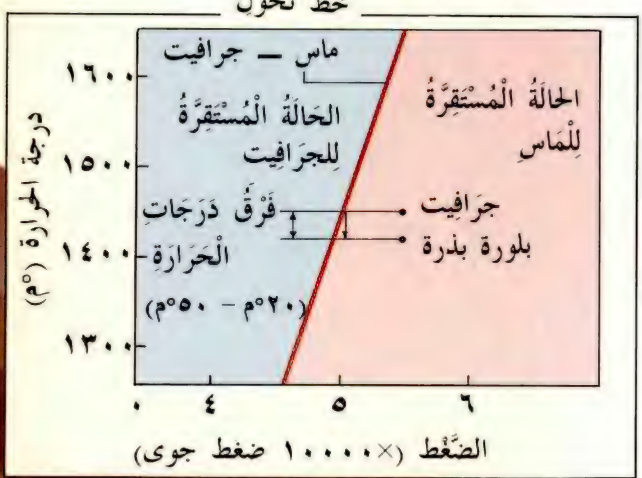


حَفَّارُ زَيْتٍ يَطْحَنُ قَاعَ الْبَحْرِ الصَّخْرِيِّ ، بِأَسْنَانِ الْمَاسِ الاصْطِنَاعِيِّ .

أَحَدُ وَظَائِفِ الْمَاسِ

يُسْتَخْدَمُ الماسُ فى أَجْهِزَةِ الْحَفْرِ بَعِيدًا عن الشَّاطِئِ — مِثْلِ هَذِهِ — لِيَتَعَمَّقَ أَمْيَالًا فِى قَاعِ الْبَحْرِ . فَالماسُ الصِّنَاعِىُّ (أقصى يسار) بِدِقَّتِهِ وَبِلُّوراتِهِ الْمُكَعَّبَةِ لَهُ أَطْرَافٌ قَاطِعَةٌ كَثِيرَةٌ ، وَصَلَادَتُهُ كَافِيَةٌ لِأَنْ يَنْفُذَ فِى الصُّخُورِ غَيْرِ القَابِلَةِ للاخْتِرَاقِ .

خطُّ تَحَوُّلٍ



خطُّ الْمَاسِ

الْخَطُّ الانْتِقَالِىُّ الْأَحْمَرُ يُبَيِّنُ شُروطَ إِنْتَاجِ الْمَاسِ الاصْطِنَاعِىِّ . يُسَخَّنُ الجرافيت أَوَّلًا إلى أَعْلَى من ١٤٠٠°م تَحْتَ ضَغْطٍ عَالٍ . وَبِإِنْقَاصِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ قَلِيلًا مع اسْتِمْرَارِ الضَّغْطِ ، يُدْفَعُ الجرَافِيتُ بِرِفْقٍ عَبْرَ الْخَطِّ الْانتقالِى بواسطةِ الضَّغْطِ ، وَيَتَحَوَّلُ إلى ماسٍ .



الْأَرْضُ كَمَصْنَعٍ لِلْمَاسِ

تَكَوَّنَ المَاسُ الطَّبِيعِىُّ مُنْذُ ١٠٠٠مليون سَنَةٍ فى سِتَارِ الْأَرْضِ ، وهى طَبَقَةٌ عَظِيمَةُ السُّمْكِ تَحْتَ قِشْرَةِ الْأَرْضِ مُبَاشَرَةً وَتَتَمَيَّزُ بِضَغْطٍ عَالٍ وَدَرَجَةِ حَرَارَةٍ عَالِيَةٍ . وَقَدْ سَيَّلَت الثَّوْرَاتُ الْبُرْكَانِيَّةُ الماسَ مِن الصَّخْرِ الْمُحِيطِ المسَمَّى كِمْبِرْلِيت إلى الْقِشْرَةِ الْعُلْوِيَّةِ .





▲ماس طبيعى

كَيْفَ يُجَهَّزُ السِّيلِيكُون لِلشذرات الدقيقة ؟

تَعْتَمِدُ صِنَاعَةُ الْإِلِكْتُرُونِيَّاتِ الْيَوْمَ على الدَّوَائِرِ الْمُتَكَامِلَةِ ، وهى شذَرَاتٌ دَقِيقَةٌ من السِّيلِيكُون مَحْفُورَةٌ بِمَلَايِين الْمفَاتِيحِ الْإِلِكْتُرُونِيَّةِ الْمِجْهَرِيَّةِ لِلتَّحَكُّمِ فِى التَّيَّارِ الْكَهْرَبى . ولِأَنّ التَّرْكِيبَ الْبِلُّورِىَّ لِلسِّيلِيكُونِ يَسْمَحُ بِحَمْلِ عَدَدٍ لَا نِهَائِىٍّ من مَسَارَاتِ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِىِّ ، فَقَدْ أَصْبَحَ السِّيلِيكون مَصْدَرًا إِلِكْتُرُونِيًّا يَسْمَحُ بِحَمْلِ عَدَدٍ لَانِهَائِىٍّ من مَسَارَاتِ التَّيَّار الْكَهْرَبِىِّ ، فَقَدْ أَصْبَح السِّيلِيكونُ مَصْدَرًا إِلِكْتُرُونيًّا حَيَوِيًّا .

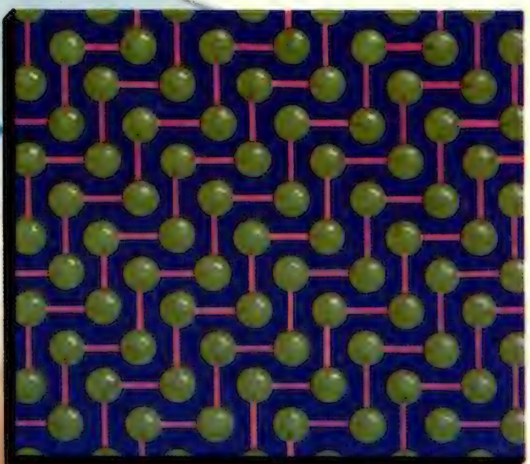
وَلَايَصْلُحُ لِهَذِهِ الْأَغْرَاضِ ، سِوَى أَنْقَى أَنْوَاعِ السِّيلِيكُون . وَالسِّيلِيكُون الطَّبِيعِىُّ يَتَكَوَّنُ مِنْ بِلُّورَاتٍ مُخْتَلِفَةِ الاتِّجَاهِ فِى مَجْمُوعَاتٍ من دَقَائِقَ مُتَعَدِّدَةِ التَبلُّرِ . وَفِى أَمَاكِنِ تقَابُلِ هَذِهِ الدَّقَائِقِ تَتَكَوَّنُ رَوَابِطُ غَيْرُ مُنْتَظِمَةٍ تَعُوقُ مُرُورَ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِىِّ خِلَالِهَا . وَلِلتَّغَلُّبِ عَلَى هَذِهِ الْمُشْكِلَةِ ، ابْتَكَرَ الْعُلَمَاءُ طَرِيقَةً لِإِنْتَاجِ سِيلِيكُون ذِى بِلُّورَةٍ مُفْرَدَةٍ ، وَهِىَ مَادَّةٌ لها تَرْكِيبٌ بِلُّورِىٌّ مُنْتَظِمٌ جِدًّا ، يَقْبَلُ أَىَّ نِظَامٍ كَهْرَبِىٍّ يُسَلَّطُ عَلَيْهِ .

طَرِيقَةُالْحُصُولِ على أَنْقَى سِيلِيكُون



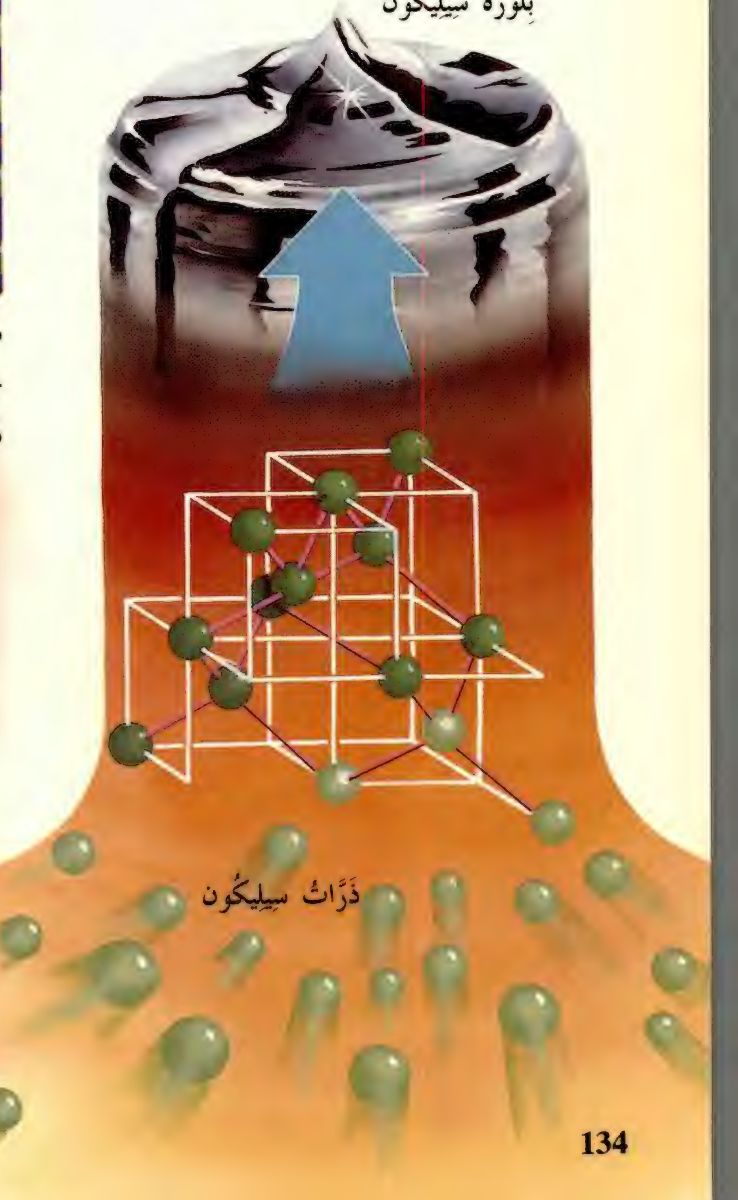
١ السِّيلِيكُون هو ثَانِى أَوْسَعِ الْعَنَاصِرِ انْتِشَارًا على الْأَرْضِ ، وَيُوجَدُ صَخْرُ السِّيلِيكَا (أعلى) كَثَانِى أُكْسِيدِ السِّيلِيكُون . وهذا الصَّخْرُ يَشْمَلُ الرَّمْلَ وَالْكُوَارْتِز ، وَيُشَكِّلُ رُبْعَ الْقِشْرَةِ الْأَرْضِيَّةِ .

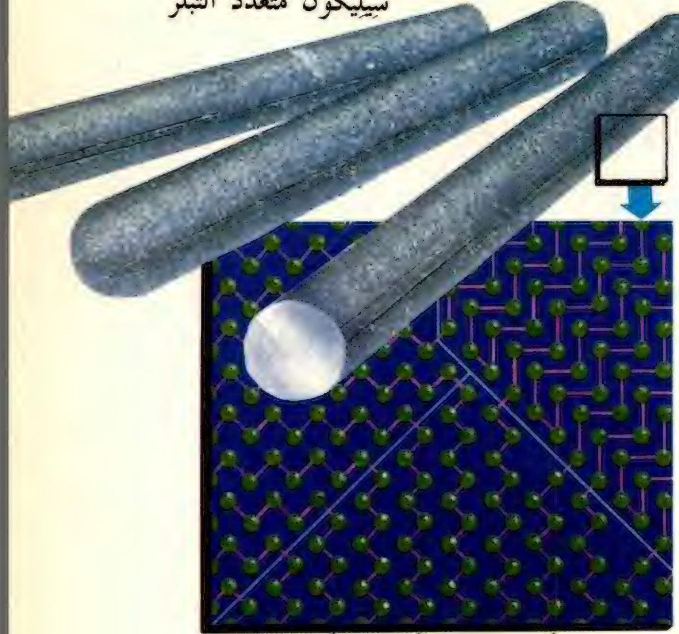




سِيلِيكُون ذُو بِلُّورَةٍ مُفْرَدَةٍ (أعلى) هو بِلُّورَةٌ جَامِدَةٌ وَاحِدَةٌ بِدُونِ حُدُودٍ بَيْنَ بِلُّورِيَّة . وَتَتَّصِلُ ذَرَّاتُها بِانْتِظَامٍ دَاخِلَهَا .

وعِنْدَ دَرَجَةِ ٢٠٥٨°م يُوضَعُ فى الْمِرجَلِ مَعَ السِّيلِيكُونِ الْمُنْصَهِرِ بَذْرَةٌ مِنْ سِيلِيكُون ذِى بِلُّورَةٍ مُفْرَدَةٍ . وَبَيْنَمَا تَدُورُ الْبَذْرَةُ بِبُطْءٍ وَتُسْحَبُ ــ بِطَرِيقَةٍ مُمَاثِلَةٍ لِلشُّموعِ الْغَاطِسَةِ ــ فَإِنَّ ذَرَّاتِ السِّيلِيكُون فِى السَّائِلِ تَرْتَبِطُ كِيمْيَائِيًّا بِالْبَذْرَةِ الدَّائِرَةِ بِشَكْلٍ مُنْتَظِمٍ (أعلى) وَتُنْتِجُ بِلُّورَةً قُطْرُهَا حَوَالَى ١٥سم .





التَّرْكِيبُ الذَّرِّى لِلسِّيلِيكُون الطَّبِيعِىّ تُقَسِّمُهُ حَواجِزُ بِلُّورِيَّةٌ غَيْرُ مُنْتَظِمَةٍ .



٢ لِتَحْرِيرِ رَابِطَةِ السِّيلِيكُون فِى ثَانِى أُكْسِيدِ السِّيلِيكُون ، يُسَخَّنُ الْمُرَكَّبَ مَعَ الْكَرْبُونِ لِلتَّخَلُّصِ مِن الْأُكْسُجِين ، وَيَتَبَقَّى عُنْصُرُ السِّيلِيكُون .

٣ بِصَهْرِ السِّيلِيكُون النَّقِىِّ يَتَغَيَّرُ تَرْكِيبُهُ الْبِلُّورِىُّ . وَإِذَا تُرِكَ لِيَبْرُدَ يُكَوِّنُ تَرْكِيبًا مُتَعَدِّدَ التَّبَلُّرِ مُقَسَّمًا (يسار) يَعُوقُ مُرُورَ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِىِّ .



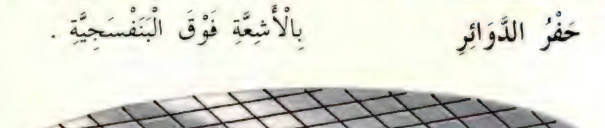
صِناعَةُ شَذْرَة

تُقَطَّعُ أُسْطُوَانَةُ السِّيلِيكون ذى بِلُّورَةٍ مُفْرَدَةٍ إلى رَقَائِق سُمْكُ كُلٍّ مِنْهَا ٠,٠٥سم .





تُحْفَرُ مَسارَاتُ التَّيَّارِ الْكَهْرَبِىِّ على الرَّقَائِقِ بِالْكِيمَاوِيَّاتِ أَوْ بِالْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ .





تُقَطَّعُ الرَّقِيقَةُ إلى شَذَرَاتٍ ، وَتُوصَّلُ كُلٌّ مِنْهَا بِسِلْكٍ مِن الذَّهَبِ إِلَى قَاعِدَةٍ مِن السِّيرَامِيك .

كَيْفَ تَعْمَلُ الْبِلُّورَاتُ السَّائِلَةُ ؟

الْبِلُّورَاتُ السَّائِلَةُ هِيَ الْمَوادُّ الْغَامِضَةُ الَّتِي تُكَوِّنُ الْأَرْقَامَ على سَاعَةٍ رَقْمِيَّةٍ ، وَتُصَبُّ مِثْلَ السَّوَائِلِ وَلَكِنَّهَا تَتَصَرَّفُ أَحْيَانًا كَأَنَّهَا من الْجَوامِدِ . وَتَتَكَوَّنُ الْبِلُّورَاتُ مِنْ جُزَيْئَاتٍ تُشْبِهُ الْقُضْبَانَ ، وَحِينَ تُحَفَّزُ بِالتَّيَّارِ الْكَهْرَبِيِّ فَإِنَّهَا تُغَيِّرُ تَوْجِيهَهَا ، وَإِمَّا أَنْ تُدِيرَ الضَّوْءَ أَوْ تَسْمَحَ لَهُ بِالْمُرُورِ دُونَ تَغَيُّرٍ . وَتُوجَدُ مُرَشِّحَاتٌ مُسْتَقْطِبَةٌ لِلضَّوْءِ (أسفل) دَاخِلَ أَىِّ شَاشَةٍ بِلُّورِيَّة سَائِلَة (LCD) — كما فى السَّاعَةِ — وهى تَحْجِزُ الضَّوْءَ . وَتُوَجَّهُ الْمُرَشِّحَاتُ عِنْدَ زَوَايَا ٩٠° . وَعِنْدَ مُرُورِ الضَّوْءِ خِلَالَ الْمُسْتَقْطِبِ الْأَوَّلِ ، فَإِنَّ الْبِلُّورَاتِ فِى نِظَامِهَا الْحَلَزُونِىِّ الْعَادِىِّ (أسفل يمين) تُدِيرُهُ ٩٠° . فَيَتَحَرَّكُ الضَّوْءُ عِنْدَئِذٍ خِلَالَ الْمُسْتَقْطِبِ الثَّانِى ، وَيَسْقُطُ على مِرْآةٍ فَيَرْتَدُّ خَارِجًا لِيَبْدُوَ كَأَنَّهُ خَلْفِيَّةٌ لَامِعَةٌ لِلشَّاشَةِ . وَلكِنْ عِنْدَمَا يُمَرَّرُ التَّيَّارُ الْكَهْرَبِىُّ فِى جُزَىْءِ بِلُّورَةٍ سَائِلَةٍ (أسفل يسار)، فَإِنَّهَا تُعِيدُ تَرْتِيبَهَا وَلَا تُدِيرُ الضَّوْءَ الدَّاخِلَ . وَتَظْهَرُ مِسَاحَاتٌ مُظْلِمَةٌ على الشَّاشَةِ ، مُكَوِّنَةً أَرْقَامًا طِبْقًا لِتَجَمُّعَاتِ الْمِسَاحَاتِ الْمَشْحُونَةِ وَغَيْرِ الْمَشْحُونَةِ . وَحَيْثُ إِنَّ الشَّاشَةَ الْبِلُّورِيَّةَ السَّائِلَةَ تَعْكِسُ الضَّوْءَ وَلَا تُوَلِّدُه ، فَهِىَ تَسْتَخْدِمُ كَهْرَبِيَّةً قَلِيلَةً جِدًّا .

تَكْوِينُ أَرْقَامٍ مِنَ الْإِظْلَامِ

قِطَاعَاتُ الْأَرْقَامِ الشَّفَافَةِ (أسفل يسار) تُحْفَرُ فى طَبَقَةٍ مُوَصِّلَةٍ لِلْكَهْرَبِيَّةِ فى زُجَاجِ الشَّاشَةِ . وَعِنْدَمَا يُسْتَعْمَلُ التَّيَّارُ فِى قِطَاعٍ (أقصى يسار)، فَإِنَّ الْبِلُّورَاتِ لَا تَدُورُ وَيُحْجَزُ الضَّوْءُ .



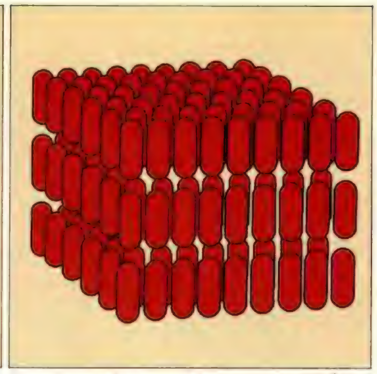
شَطِيرَةُ بِلُّورَةٍ سَائِلَةٍ

فِى الشَّاشَةِ النَّمَطِيَّةِ ، تُحْصَرُ طَبَقَةٌ رَفِيعَةٌ مِنْ بِلُّورَاتٍ سَائِلَةٍ بَيْنَ الْمُسْتَقْطِبَاتِ ، وَتُغَلَّفُ بِلَوْحٍ زُجَاجِىٍّ وَمِرْآةٍ . وَالْأَقْطَابُ تَمُدُّهَا بِالْجُهْدِ الْكَهْرَبِىِّ .

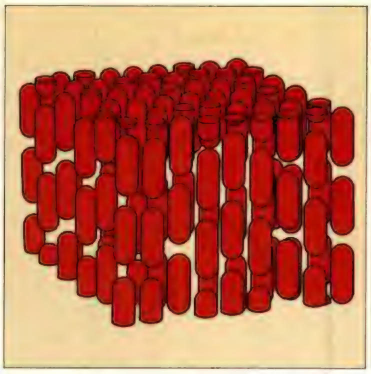
مِسَاحَةٌ سَاطِعَةٌ . حِينَ لَا يُسْتَخْدَمُ جُهْدٌ كَهْرَبِىٌّ (أعلى)، يَدُورُ الضَّوْءُ الْمُسْتَقْطَبُ ، وَيَنْفُذُ إلى الْمِرْآةِ ثُمَّ يَنْعَكِسُ إِلَى الْخَارِجِ .

أَشْكَالٌ جُزَيْئِيَّة

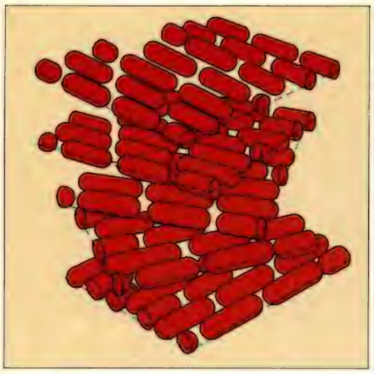
تُصَنَّفُ الْأَنْوَاعُ الثَّلاثَةُ لِلْبُلُّورَاتِ السَّائِلَةِ طِبْقًا لِنِظَامِ اصْطِفَافِهَا (يسار). وَيَسْتَغِلُّ الكِيمْيَائِيُّونَ كُلَّ نَوْعٍ فِى تَصْمِيمِ اسْتِعْمَالَاتٍ لِلْبُلُّورَاتِ السَّائِلَةِ . وَتَسْتَخْدِمُ شَاشَاتُ الْبُلُّورَةِ السَّائِلَةِ النَّوْعَيْنِ نِيمَاتِك ، وَكُولِيسْتِرِيك .



بُلُّورَاتُ إِسْمِكْتِك تَقِفُ على نِهَايَاتِهَا ، وتُكَوِّنُ صُفُوفًا فِى طَبَقَاتٍ .



بُلُّورَاتُ نِيماتِك تَتَجَمَّعُ فى صُفُوفٍ مُتَوَازِيَةٍ خِلَافِيَّةٍ .



بُلُّورَاتُ كُولِيسْتِرِيك تُكَوِّنُ أَكْدَاسًا مِحْورِيَّةً مُرَتَّبَةً .

تلفزْيُون الْبُلُّورَةِ السَّائِلَة

تَخْتَلِفُ شَاشَةُ الْبُلُّورَةِ السَّائِلَةِ فِى تِلفِزْيُون عَنْهَا فى وَجْهِ السَّاعَةِ ، فى أَنَّهَا تُرَتِّبُ جُزَيْئَاتِ الْبُلُّورَاتِ لَيْسَ بِهَدَفِ حَجْزِ الضَّوْءِ — كَمَا فِى السَّاعَةِ — وَلَكِنْ لِإِمْرَارِهِ عِنْدَ كَهْرَبَتِهَا . وَفِى هَذِهِ الْحَالَةِ ، فَإِنَّهَا تَبْعَثُ الضَّوْءَ مِنْ مِصْبَاحٍ خَلْفَ الشَّاشَةِ .



يُوجَدُ أَمَامَ لَوْحِ الْبِلُّورَةِ السَّائِلَةِ ، آلَافٌ مِنَ الْمُرَشِّحَاتِ الدَّقِيقَةِ الْحَمْرَاءِ وَالزَّرْقَاءِ وَالْخَضْرَاءِ الَّتِى تُلَوِّنُ الضَّوْءَ الْمُنْبَعِثَ مِن الْبِلُّورَاتِ الْمُكَهْرَبَةِ .



مِسَاحَةٌ مُظْلِمَةٌ . عِنْدَ تَوْصِيلِ الْجُهْدِ (أعلى) يَنتَقِلُ الضَّوْءُ مُبَاشَرَةً فِى مُوَازَاةِ الْبِلُّورَاتِ الْمُعَادِ تَرْتِيبُهَا ، وَيُحْجَزُ بِوَاسِطَةِ الْمُسْتَقْطِبِ الثَّانِى .

جُزَيْئَاتٌ بَارِدَةٌ وَسَاخِنَة

يَتَغَيَّرُ التَّرْتِيبُ الْجُزَيْئِىُّ لِلبلُّورَاتِ السَّائِلَةِ لَيْسَ فَقَط وَفْقًا لِلنَّبَضَاتِ الْكَهْرَبِيَّةِ ، وَلَكِنْ أَيْضًا لِتَغَيُّرَاتِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ . وباسْتِخْدَامِ مُرَكَّبَاتٍ تُسَبِّبُ انْكِسَارَ الضَّوْءِ الْمُلَوَّنِ (يسار) عِنْدَ دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ ، تَمَكَّنَ الْكِيمِيَائِيُّونَ مِنْ عَمَلِ تِرْمُومِتْرَاتٍ طِبِّيَّةٍ لِلاسْتِخْدَامَاتِ الْمَنْزِلِيَّةِ والصِّنَاعِيَّةِ .

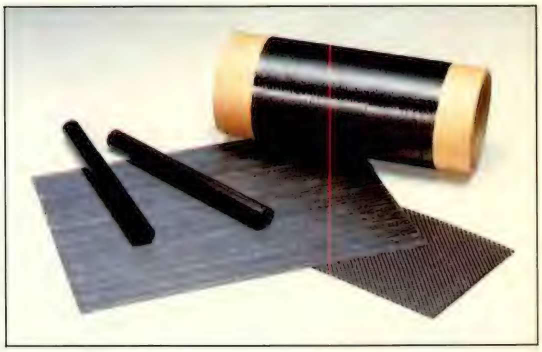


كيف تستخدم ألياف الكربون ؟

أَلْيَافُ الْكَرْبُونِ أَرْفَعُ مِن الْخُيُوطِ الْقُطْنِيَّةِ وَلَكِنَّهَا لَهَا ثَلاثَةُ أَمْثَالِ قُوَّةِ الْحَدِيدِ الصُّلْبِ . وَتُصْنَعُ مِنْ أَىِّ بُولِيمَرٍ عُضْوِىٍّ ــ مِثْلِ الرَّايُونِ ، أو الْقَارِ أَوْ غَيْرِهَا ــ تكُونُ جُزَيْئَاتُهُ مُتَّصِلَةً عَرَضِيًّا وَطَوِيلَةً وَكَبِيرَةً جِدًّا ، وَذَلِكَ بِتَسْخِينِه فِى فُرْنٍ عند ٢٥٠٠°م تَقْرِيبًا . فَتُطْرَدُ ذَرَّاتُ الموادِّ الْأُخْرَى مِثْلِ الْهَيْدُرُوجِين والْأُكْسُجِين ، وَتَتَقَارَبُ ذَرَّاتُ الْكَرْبُون مَعًا فِى تَرْكِيبٍ بِلُّورِىٍّ أَقْوَى . وَتَكُونُ الْأَلْيَافُ النَّاتِجَةُ فَائِقَةَ الْقُوَّةِ وَنَادِرَةَ الْمُرُونَةِ .

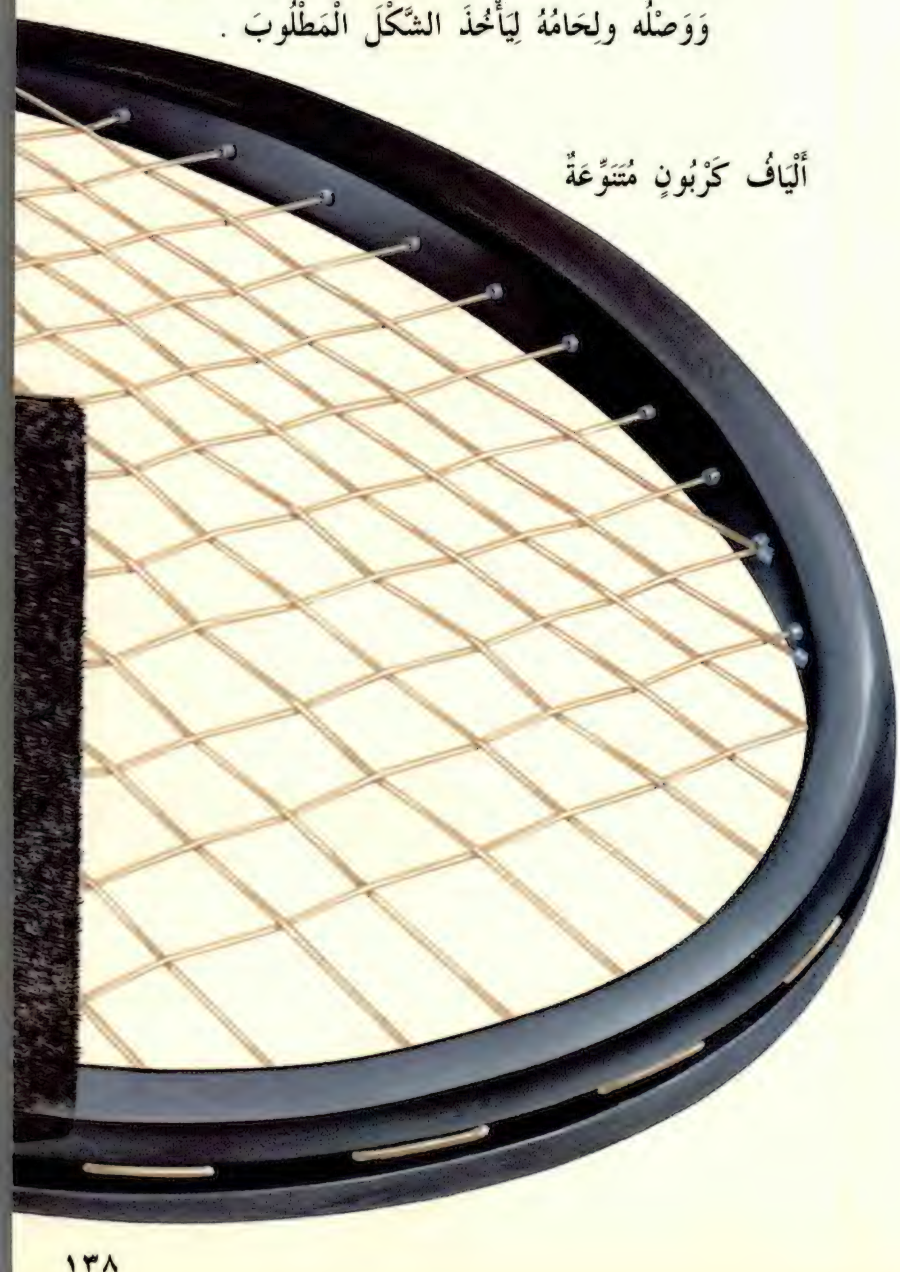
وَلَكِنْ يَصْعُبُ اسْتِعْمَالُهَا بِهَذَا الشَّكْلِ . وَلِزِيَادَةِ قُوَّةِ الْأَلْيَافِ وَجَعْلِهَا أَسْهَلَ لِلتَّشْكِيل ، يَتِمُّ رَبْطُهَا بِأَحَدِ رَاتِنْجَاتِ إِبُوكْسِى ، وَهُوَ أَحَدُ اللَّدَائِنِ الصَّمْغِيَّةِ الَّتِى تَجْمُدُ عِنْدَمَا تَنْضُجُ . وَتُحْقَنُ الْأَلْيَافُ الْمُلَدَّنَةُ فِى قَالَبٍ أَجْوَفَ وَتُتْرَكُ لِتَجْمُدَ .

وَمُعْظَمُ أَلْيَافِ الْكَرْبُونِ تُسْتَخْدَمُ فِى تَوْلِيفَاتٍ بِلاسْتِكِيَّةٍ لِصِنَاعَةِ أَدَوَاتِ الرِّيَاضَةِ مِثْلِ مَضَارِبِ التِّنِس ، وَمَضَارِبِ الْجُولْفِ ، وَعَصَى صَيْدِ السَّمَكِ ، بِالإِضَافَةِ إِلَى أَجْسَامِ الْقَوَارِبِ ، وَسَيَّارَاتِ السِّبَاقِ وَبَعْضِ مُسْتَلْزَمَاتِ سُفُنِ الْفَضَاءِ . وَهِىَ أَرْخَصُ من الْفِلِزَّاتِ ، لِأَنَّهُ يُمْكِنُ قَوْلَبَتُها بِالْحَقْنِ إِلَى أَشْكَالٍ مُحَدَّدَةٍ مُعَقَّدَةٍ فِى خُطْوَةٍ وَاحِدَةٍ . والْجُزْءُ الْمُولَّفُ أَقْوَى أَيْضًا مِن الْفِلِزِّ الَّذِى يَجِبُ ثَنْيُه وَوَصْلُه ولِحَامُهُ لِيَأْخُذَ الشَّكْلَ الْمَطْلُوبَ .



أَلْيَافُ الْكَرْبُونِ فَوْقَ النَّاعِمَةِ تُنْسَجُ إِلَى أَلْيَافٍ مَتِينَةٍ مُقَاوِمَةٍ لِلْحَرَارَةِ أَوْ تَتَّصِلُ بِرَوَابِطَ مَعَ رَاتِنْجَاتِ إِبُوكْسِى لِتُكَوِّنَ مَوَادَّ قَوِيَّةَ التَّرْكِيبِ تُسْتَخْدَمُ فِى النَّفَّاثَاتِ وَالصَّوَارِيخِ وَسَيَّارَاتِ السِّبَاقِ الْعَالِيَةِ الْأَدَاءِ ، وَلِصِنَاعَةِ الْعَدِيدِ مِن الْأَدَوَاتِ الرِّيَاضِيَّةِ .

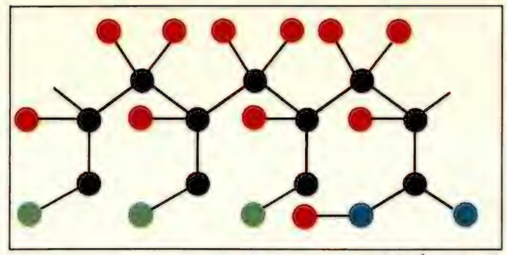
أَلْيَافُ كَرْبُونٍ مُتَنَوِّعَةٌ



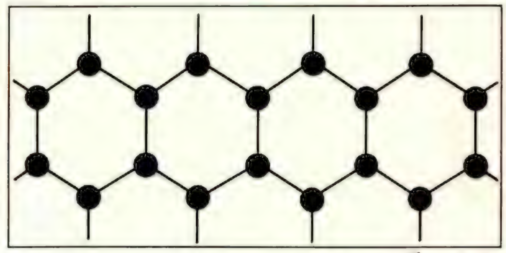
تَتَحَمَّلُ أَلْيَافُ الْكَرْبُونِ ضَغْطًا حَتَّى مِلْيُونِ رِطْلٍ بوصة٢ ، وَهِىَ أَقْوَى مِن الصُّلْبِ والتِّيتَانْيُوم وَأَكْثَرُ مُرُونَةً مِن الْفِلِزَّاتِ أو اللَّدَائِنِ الْمُقَوَّاةِ .

سَلَاسِلُ مِنْ جُزَيْئَاتٍ صُلْبَةٍ

أَلْيَافُ بَعْضِ الْبُولِيمَرَاتِ لها تَرْكِيبٌ جُزَيْئِىٌّ شِبْهُ شَبَكِىٍّ وَلَكِنَّ بَعْضَ أَطْرَافِها حُرَّةٌ (يمين). وَتَحْمِيصُها يُحَرِّرُ بَعْضَ الْعَنَاصِرِ ، وَتُعِيدُ الذَّرَّاتُ تَرْتِيبَهَا فِى سُدَاسِيَّاتٍ قَوِيَّةٍ (أسفل يمين) دُونَ أَطْرَافٍ حُرَّةٍ .



جُزَىْء بُولِيمَر



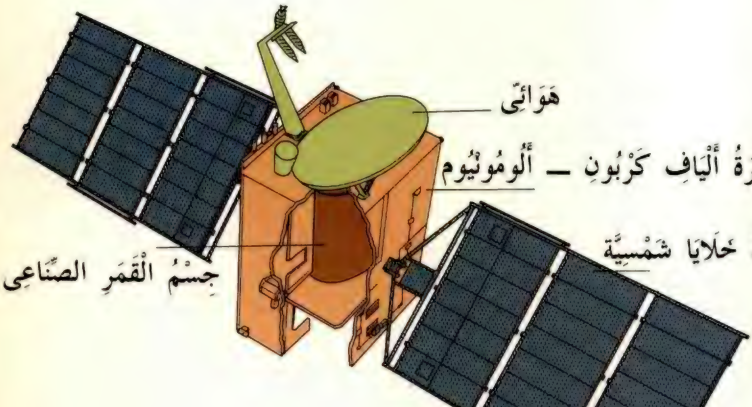
جُزَىْء أَلْيَافِ كَرْبُون

هَيْدُرُوجِين
كَرْبُون
أُكْسُجِين
نَيْتْرُوجِين



سُمْكُ أَلْيَافِ الْكَرْبُون ١/٧ سُمْكِ شَعْرَةِ الْإِنْسَانِ ، وَيَتِمُّ غَزْلُهَا إلى خُيُوطٍ مَرِنَةٍ تَحْتَوِى من ١٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠٠ فَتِيلَةٍ . ولِاسْتِعْمَالَاتٍ كَثِيرَةٍ ــ مِثْلِ مَضْرِبِ التِّنِس هَذَا ــ يَتِمُّ إِنْهَاءُ الْعَمَلِ بِإِضَافَةِ بِلَاسْتِكٍ لِتَحْسِينِ قُوَّتِه وَصَلَابَتِه .

مَضَارِبُ التِّنِس مِنْ أَلْيَافِ الكَرْبُون





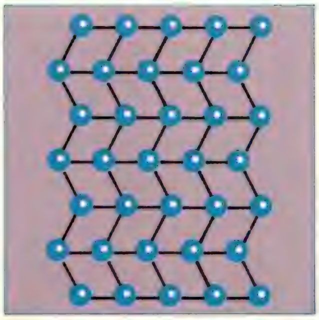
تَحْوِى قَوَائِمُ الْأَقْمَارِ الصِّنَاعِيَّةِ أَلْيَافَ كَرْبُونٍ

مَوَادُّ عَصْرِ الْفَضَاءِ

يَجِبُ أَنْ تَكُونَ الْأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ الْمُرْسَلَةُ لِلْفَضَاءِ (أعلى) خَفِيفَةَ الْوَزْنِ ، وَقَوِيَّةً لِتحمّلِ إجْهَادِ الْإِطْلَاقِ . وَتُصْنَعُ مُعْظَمُ أَجْزَائِهَا مِن الْفِلِزَّاتِ والْبِلَاسْتِك الْمُقَوَّى بِأَلْيَافِ الْكَرْبُونِ لِأَنَّها قَوِيَّةٌ وَخَفِيفَةٌ وَمُقَاوِمَةٌ لِلْحَرَارَةِ .

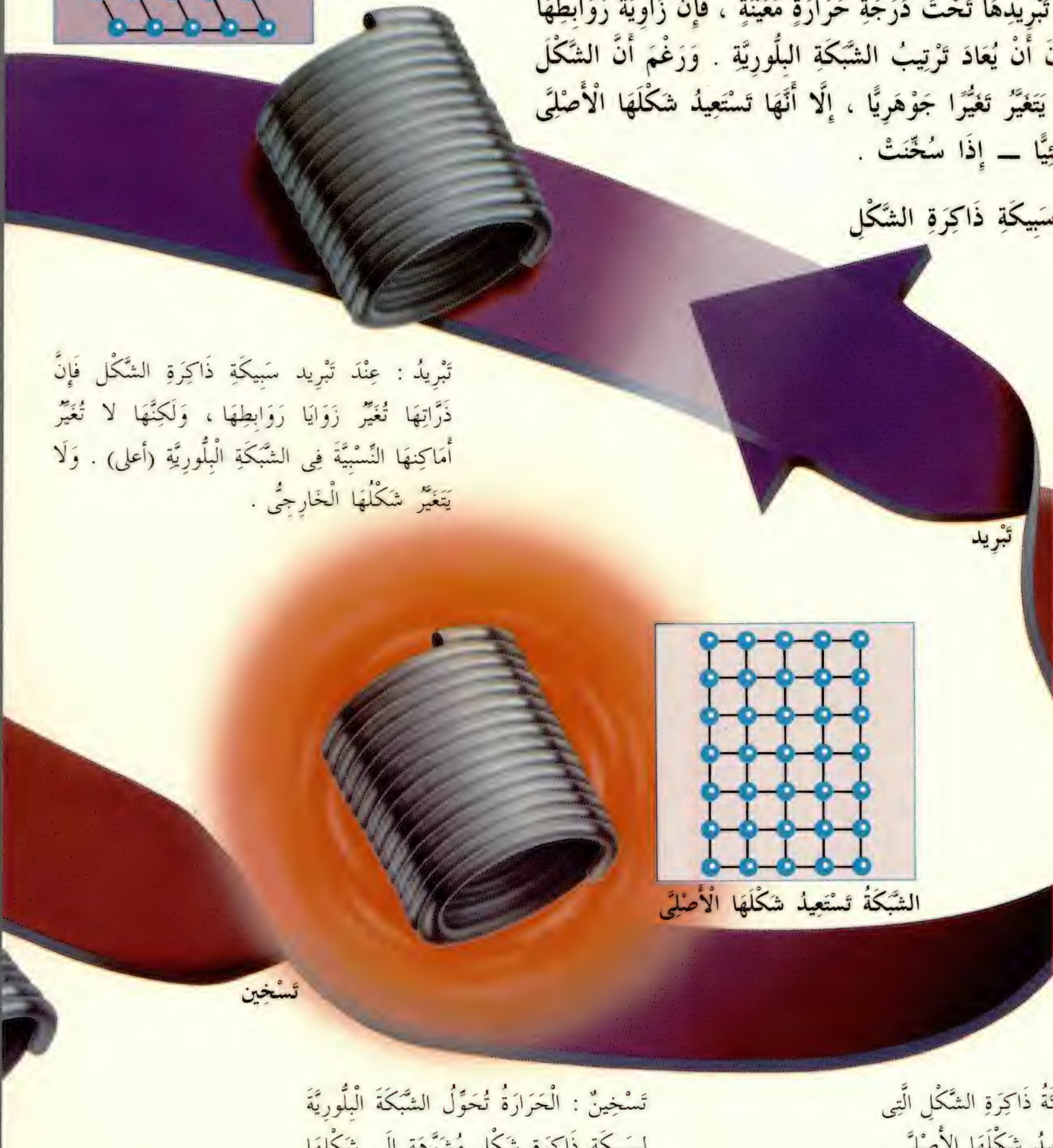
مَا هِىَ سَبَائِكُ ذَاكِرَةِ الشكْلِ ؟

إِذَا ثُنِّى سِلْكٌ فِلِزِّىٌّ ، فَإِنَّهُ يُمْكِنُ فَقط أَنْ يَسْتَعِيدَ شَكْلَهُ الْمُسْتَقِيمَ وَلَكِنَّهُ يَحْتَفِظُ بِالْتِوَاءَاتِهِ . وَلَكِنَّ السِّلْكَ الْمَصْنُوعَ مِنْ سَبِيكَةِ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ ، يَسْتَعِيدُ شَكْلَهُ الْأَصْلِىَّ تَمَامًا إِذَا سُخِّنَ . لِأَنَّ الْحَرَارَة «تُذَكِّرُهُ» بِتَرْكِيبِهِ الْبِلُّورِىِّ الْأَوَّلِ .



شَبَكَةٌ بِلُّورِيَّةٌ عِنْدَ تَبْرِيدِهَا

وَجَمِيعُ الْفِلِزَّاتِ يَطْرَأُ عَلَيْهَا تَغَيُّرَات فِى أَنْظِمَةِ الرَّوَابِطِ الْكِيمْيَائِيَّةِ عِنْدَ دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ وَضُغُوطٍ مُعَيَّنَةٍ . فَإِذَا ثُنِّيَتْ قِطْعَةُ فِلِزٍّ بَسِيطٍ مَثَلًا ، فَإِنَّ الرَّوَابِطَ الذَّرِّيَّةَ لِلشَّبَكَةِ الْبِلُّورِيَّةِ تَنْزَلِقُ ، وَتَتَحَرَّكُ الشَّبَكَةُ ، وَتَتَكَوَّنُ رَوَابِطُ جَدِيدَةٌ ، تَجْعَلُ التَّشَوُّهَ الْحَادِثَ مُسْتَدِيمًا . وَلَكِنْ بِثَنِى سَبِيكَةِ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ أَوْ تَبْرِيدِهَا تَحْتَ دَرَجَةِ حَرَارَةٍ مُعَيَّنَةٍ ، فَإِنَّ زَاوِيَةَ رَوَابِطِهَا الذَّرِّيَّةِ تُرَحَّلُ دُونَ أَنْ يُعَادَ تَرْتِيبُ الشَّبَكَةِ الْبِلُّورِيَّةِ . وَرَغْمَ أَنَّ الشَّكْلَ الْعَامَّ لِلسَّبِيكَةِ قَدْ يَتَغَيَّرُ تَغَيُّرًا جَوْهَرِيًّا ، إِلَّا أَنَّهَا تَسْتَعِيدُ شَكْلَهَا الْأَصْلِىَّ — خَارِجِيًّا وَجُزَيْئِيًّا — إِذَا سُخِّنَتْ .



أَطْوَارُ سَبِيكَةِ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ

تَبْرِيدُ : عِنْدَ تَبْرِيد سَبِيكَةِ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ فَإِنَّ ذَرَّاتِهَا تُغَيِّرُ زَوَايَا رَوَابِطِهَا ، وَلَكِنَّهَا لا تُغَيِّرُ أَمَاكِنَهَا النِّسْبِيَّةَ فِى الشَّبَكَةِ الْبِلُّورِيَّةِ (أعلى) . وَلَا يَتَغَيَّرُ شَكْلُهَا الْخَارِجِىُّ .

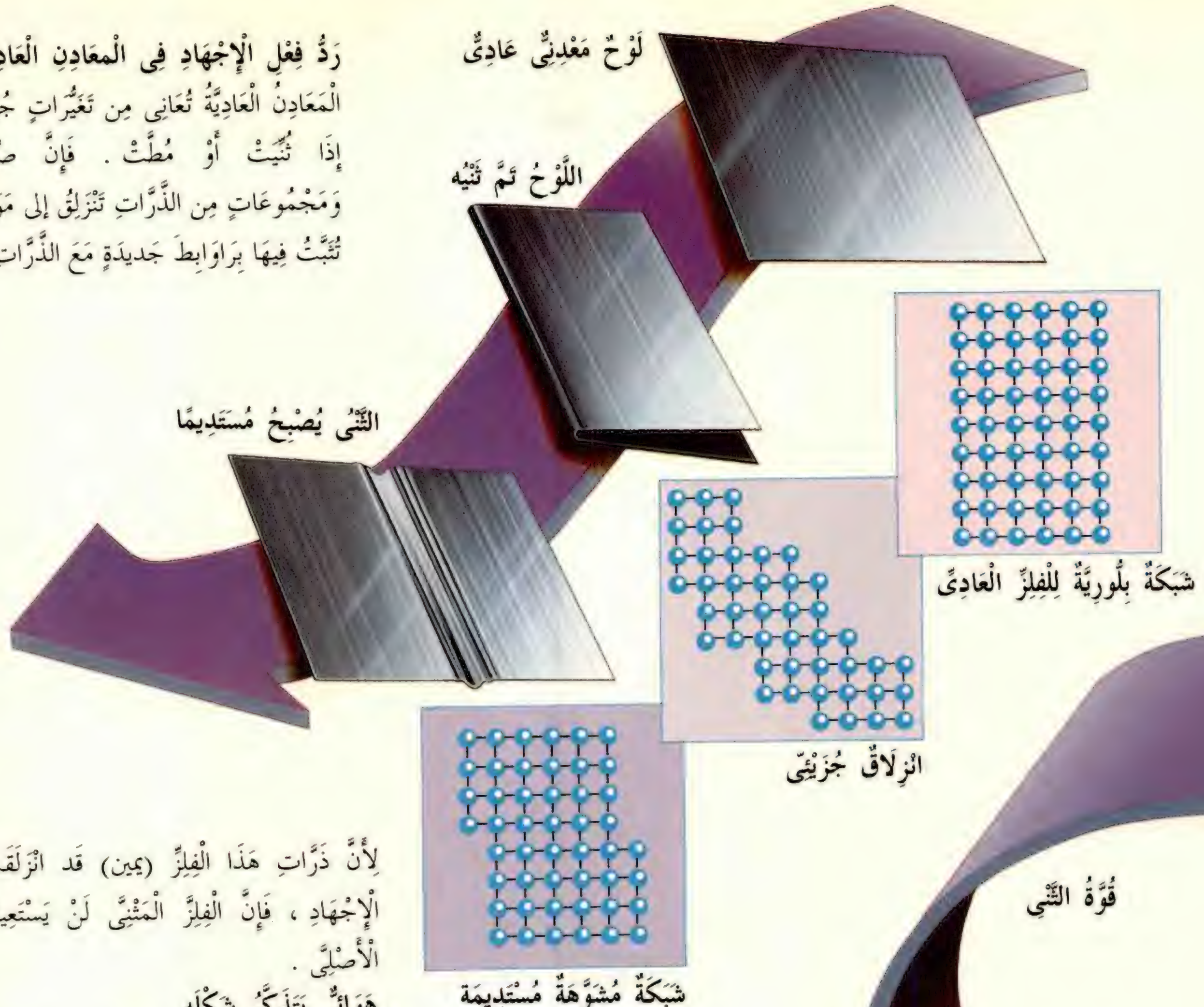
الشَّبَكَةُ تَسْتَعِيدُ شَكْلَهَا الْأَصْلِىَّ

دَوْرَةٌ مُتَكَرِّرَةٌ : سَبِيكَةُ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ الَّتِى بُرِّدَتْ أَوْ ثُنِّيَتْ تَسْتَعِيدُ شَكْلَهَا الأَصْلِىَّ .

تَسْخِينٌ : الْحَرَارَةُ تُحَوِّلُ الشَّبَكَةَ الْبِلُّورِيَّةَ لِسَبِيكَةِ ذَاكِرَةِ شَكْلٍ مُشَوَّهَةٍ إِلَى شَكْلِهَا الْأَصْلِىِّ .

رَدُّ فِعْلِ الْإِجْهَادِ فِى الْمعَادِنِ الْعَادِيَّة

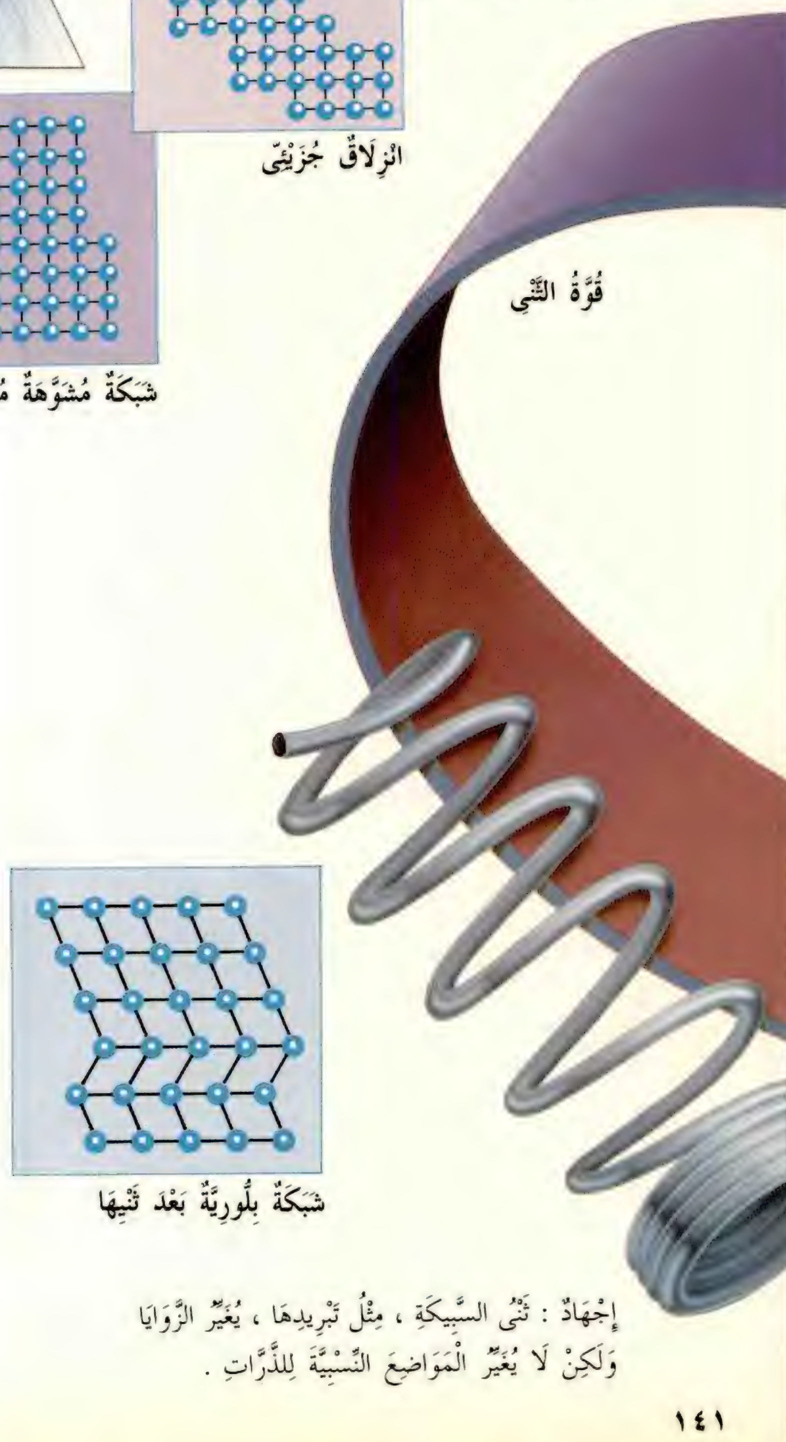
الْمَعادِنُ الْعَادِيَّةُ تُعَانِى مِن تَغَيُّراتٍ جُزَيْئِيَّةٍ دَائِمَةٍ ، إِذَا ثُنِيَتْ أَوْ مُطَّتْ . فَإِنَّ صُفُوفًا كَامِلَةً وَمَجْمُوعَاتٍ مِن الذَّرَّاتِ تَنْزَلِقُ إِلى مَواضِعَ جَدِيدَةٍ تُثَبَّتُ فِيهَا بِرَاوَابِطَ جَدِيدَةٍ مَعَ الذَّرَّاتِ الْمُجَاوِرَةِ .



لِأَنَّ ذَرَّاتِ هَذَا الْفِلِزِّ (يمين) قَد انْزَلَقَتْ بِتَأْثِيرِ الْإِجْهَادِ ، فَإِنَّ الْفِلِزَّ الْمَثْنِىَّ لَنْ يَسْتَعِيدَ شَكْلَهُ الْأَصْلِىَّ .

هَوَائِىٌّ يَتَذَكَّرُ شَكْلَه

استَخْدَمَ الْعُلَمَاءُ سَبَائِكَ ذَاكِرَةِ الشَّكْلِ لِصِناعَةِ هَوَائِىٍّ ضَخْمٍ عَلَى شَكْلِ قِطَعٍ مُكَافِئٍ (أسفل) يُجَعَّدُ فى عُبُوَّاتٍ دَقِيقَةٍ لِنَقْلِهِ إِلى الْفَضَاءِ . وَبِمُجَرَّدِ إِخْرَاجِهِ مِنْ عُبُوَّاتِه ، فَإِنَّ الْهَوَائِىَّ يَسْتَعِيدُ شَكْلَهُ الْأَصْلِىَّ بِحَرَارَةِ الشَّمْسِ .



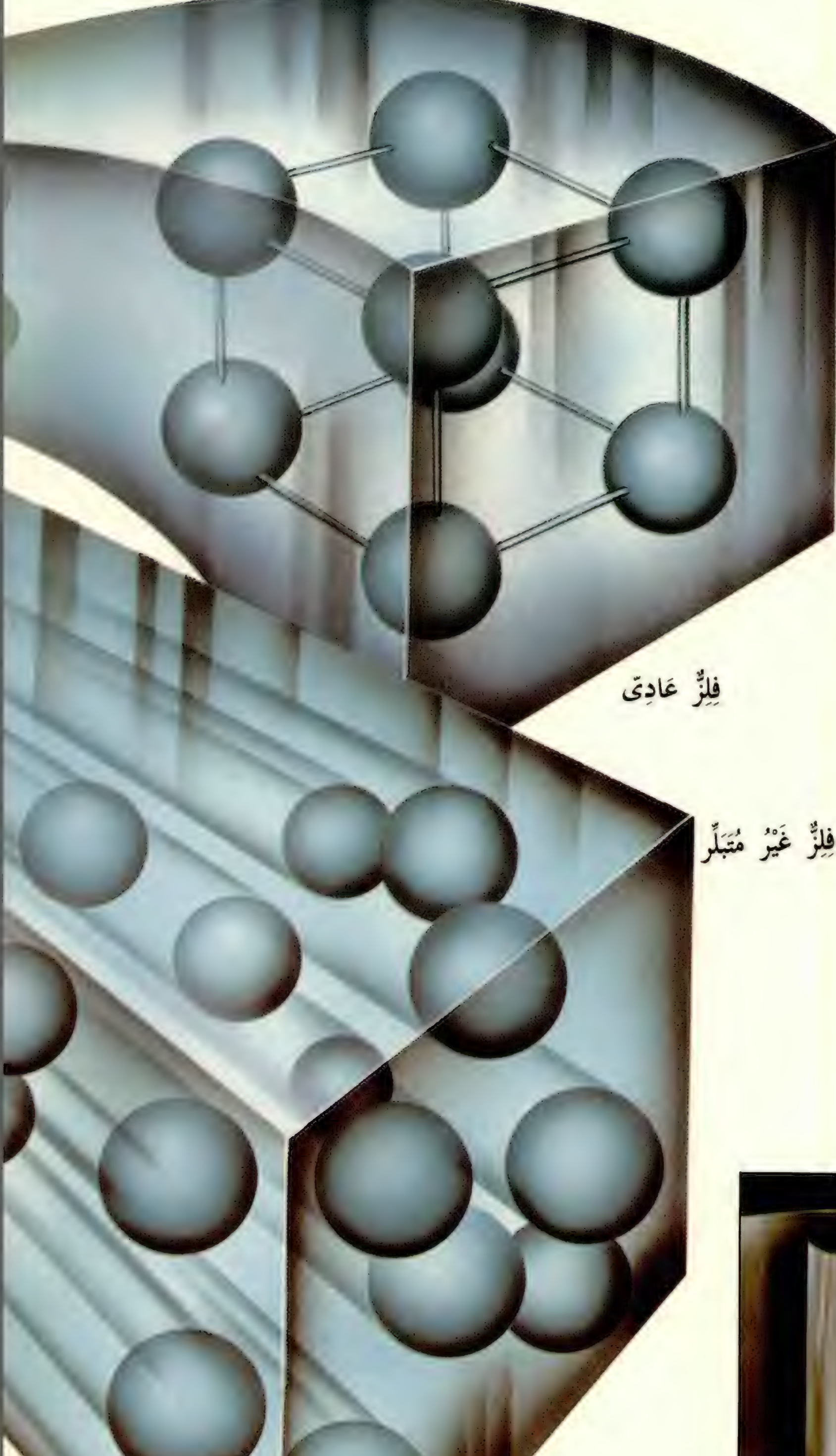
إِجْهَادٌ : ثَنْىُ السَّبِيكَةِ ، مِثْلُ تَبْرِيدِهَا ، يُغَيِّرُ الزَّوَايَا وَلَكِنْ لَا يُغَيِّرُ الْمَوَاضِعَ النِّسْبِيَّةَ لِلذَّرَّاتِ .



لِمَاذَا تَكُونُ الْفِلِزَّاتُ غَيْرُ الْمُتَبَلِّرَةِ مَرِنَةً ؟

الْمَقْصُودُ بِغَيْرِ الْمُتَبَلِّرِ أَنَّهَا بِدُونِ شَكْلٍ أَوْ هَيْئَةٍ . وَالْفِلِزُّ غَيْرُ الْمُتَبَلِّرِ لَيْسَ لَهُ أَيُّ شَكْلٍ دَاخِلِيٍّ مِن الرَّوَابِطِ الْبِلَّوْرِيَّةِ الَّتِي تُرَى فِي الْفِلِزَّاتِ الْعَادِيَّةِ . وَلَكِنَّ تَرْتِيبَهُ الذَّرِّيَّ يَكُونُ مُنْتَظِمًا وثَابِتًا . وقَدْ كَشَفَ عُلَمَاءُ الْفِلِزَّاتِ عن الْفِلِزَّاتِ غَيْرِ الْمُتَبَلِّرَةِ فِي السِّتِّينِيَّاتِ بِإِسْرَاعِ تَبْرِيدِ فِلِزٍّ مُنْصَهِرٍ .

مَصْهُورُ الْفِلِزِّ هو مَخْلُوطٌ مَائِعٌ من ذَرَّاتٍ مُرْتَبِطَةٍ عَشْوَائِيًّا . وعِنْدَمَا يَبْرُدُ الْمَصْهُورُ بِبُطْءٍ ، يَنْمُو التَّرْكِيبُ الْبِلَّوْرِيُّ فِي كُلِّ الْمَادَّةِ أَثْنَاءَ تَجَمُّدِهَا ، وَتَتَكَوَّنُ شَبَكَةٌ بِلَّوْرِيَّةٌ مُتَكَرِّرَةٌ مُحْكَمَةُ التَّنْظِيمِ . أَمَّا التَّبْرِيدُ الْخَاطِفُ لِلْفِلِزَّاتِ الْمُنْصَهِرَةِ ، فَإِنَّهُ يُجَمِّدُ الذَّرَاتِ فِي أَمَاكِنِهَا قَبْلَ أَنْ تَسْتَطِيعَ الْقُوَى الْجُزَيْئِيَّةُ تَنْظِيمَهَا فِي شَبَكَةٍ بِلَّوْرِيَّةٍ . والْفِلِزَّاتُ غَيْرُ الْمُتَبَلِّرَةِ أَقَلُّ مَيْلًا لِلتَّشَقُّقِ ، أَو الْقَصِّ ، أَو التَّشَوُّهِ الْمَغْنَاطِيسِيِّ أَو الْكَهْرَبِيِّ ، لِأَنَّهَا خَالِيَةٌ من الرَّوَابِطِ بَيْن بِلَّوْرَاتِهَا الصَّغِيرَةِ ، ومن الْفَرَاغَاتِ فِي تَرْكِيبِهَا الْجُزَيْئِيِّ . وَهَذِهِ الْخَوَاصُّ تَجْعَلُهَا مِثَالِيَّةً لِلاسْتِخْدَامِ فِي رُءُوسِ التَّسْجِيلِ الْمَغْنَاطِيسِي وأَجْهِزَةٍ كَهْرَبِيَّةٍ مِثْلِ الْمُحَوِّلَاتِ .





الشَّرَائِطُ اللَّامِعَةُ لِفِلِزٍّ غَيْرِ مُتَبَلِّرٍ مَرِنَةٌ لِدَرَجَةٍ يُمْكِنُ لَفُّهَا ، فَهِيَ تُصْنَعُ بِسُمْكِ الْوَرَقِ .



مَادَّةٌ وَاحِدَةٌ ، وَمُنْتَجَانِ

الْفِلِزَّانِ (أسفل) يَخْتَلِفَانِ فَقَط فِى سُرْعَةِ تَبْرِيدِهِمَا . فالتَّبْرِيدُ الْبَطِيءُ أَنْتَجَ فِلِزًّا عَادِيًّا (العلوى) ذَا شَبَكَةٍ بلُّورِيَّةٍ ، والتَّبْرِيدُ فَوْق السَّرِيعِ أَنْتج الْفِلِزَّ غَيْرَ الْمُتبلِّرِ الْأَقَلَّ تَنْظِيمًا (السفلى) .

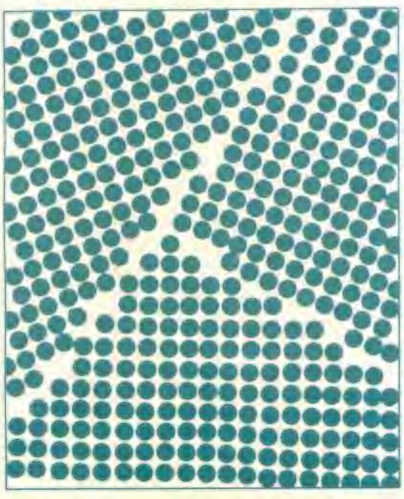
نَظْرَةٌ فِى دَاخِلِ الْفِلِزَّاتِ الْعَادِيَّةِ وَغَيْرِ الْمُتَبلِّرَةِ

الْمُقَارَنَةُ بَيْنَ تَرْتِيبِ الذَّرَّاتِ فِى فِلِزَّاتٍ عَادِيَّةٍ وَغَيْرِ مُتَبلِّرَةٍ (أسفل) تَكْشِفُ فُرُوقًا مُذهِلَةً . فَتَرْتِيبُ الذَّرَّاتِ غَيْرُ الْمَكْسُورِ والْمُتَجَانِسُ فِى فِلزٍّ غَيْرِ مُتَبلِّرٍ يُوَضِّحُ سَبَبَ مُرُونَته الْفَائِقَةِ .

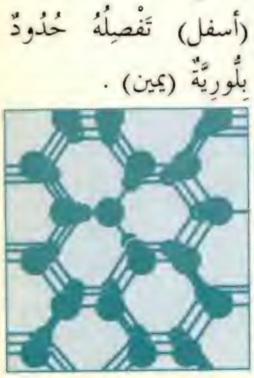


التَّرتِيبُ الْمِجْهَرِىُّ لِفِلِزٍّ غَيْرِ مُتَبلِّرٍ (أسفل) يُوَضِّحُ تَرْتِيبَ الذَّرَّاتِ فِى نِظَامٍ عَشْوَائِىٍّ غَيْرِ مُتَرَابِطٍ (يمين)





فِلِزٌّ عَادِىٌّ ، يُرَى عَلَى الْمُسْتَوَى الْجُزَيْئِىِّ ، يُوَضِّحُ تَرْكِيبًا بلُّورِيًّا (أسفل) تَفْصِلُهُ حُدُودٌ بلُّورِيَّةٌ (يمين) .



شَرَائِطُ فَوْقَ مُبَرَّدَةٍ

لِمَنْع نُمُوِّ الْبلُّورَاتِ ، يَجبُ تَبْرِيدُ الْفِلِزَّاتِ الْمُنْصَهِرَةِ بِمُعَدَّلٍ كَبِيرٍ جِدًّا فى الثَّانِيَةِ . فِى إِحْدَى الطُّرُقِ ، يُمَرَّرُ مَصْهُورُ الْفِلِزِّ بَيْنَ أُسْطُوَانَتَيْنِ . فَائِقَتَى الْبُرُودَةِ ، فَيَخْرُجُ مِن بَيْنِهَا شَرِيطٌ رَقِيقٌ كَالْوَرَقِ مِن الْفِلِزِّ غَيْرِ الْمُتَبلِّرِ .



أُسْطُوَانَةُ التَّبْرِيدِ السَّرِيعِ

مَا هُوَ الرَّاتِنْجُ الحسَّاسُ لِلضَّوْءِ ؟

تُغَيِّر بَعْضُ الْمَوَادِّ تَرْكِيبَها الكِيمْيَائِىّ عِنْدَمَا تَتَعَرَّضُ لِلضَّوْءِ . ومِنْهَا الرَّاتِنْجُ الْحَسَّاسُ لِلضَّوْءِ ، وهُوَ مَادَّةٌ هُولَامِيَّةٌ مُكَوَّنَةٌ مِنْ جُزَيْئَاتٍ مِجْهَرِيَّةٍ تُشْبِهُ أَجْزاءَ مُنْفَصِلَةً مِنْ سِيَاجٍ مُتَشَابِكٍ (يسار) . وَتَحْتَ الْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ تَنْدَمِجُ هَذِهِ الْأَجْزاءُ مُكَوِّنَةً جُزَيْئَاتٍ كَبِيرَةً عَرْضِيَّةَ الاتِّصَالِ وَطَوِيلَةً ، تُسَمَّى الْبُولِيمَرَاتِ (أسفل). وَبِهَذَا الاتِّصَالِ ، يَتَحَوَّلُ الرَّاتِنْجُ الصَّمْغِىُّ إلى مَادَّةٍ جَامِدَةٍ .

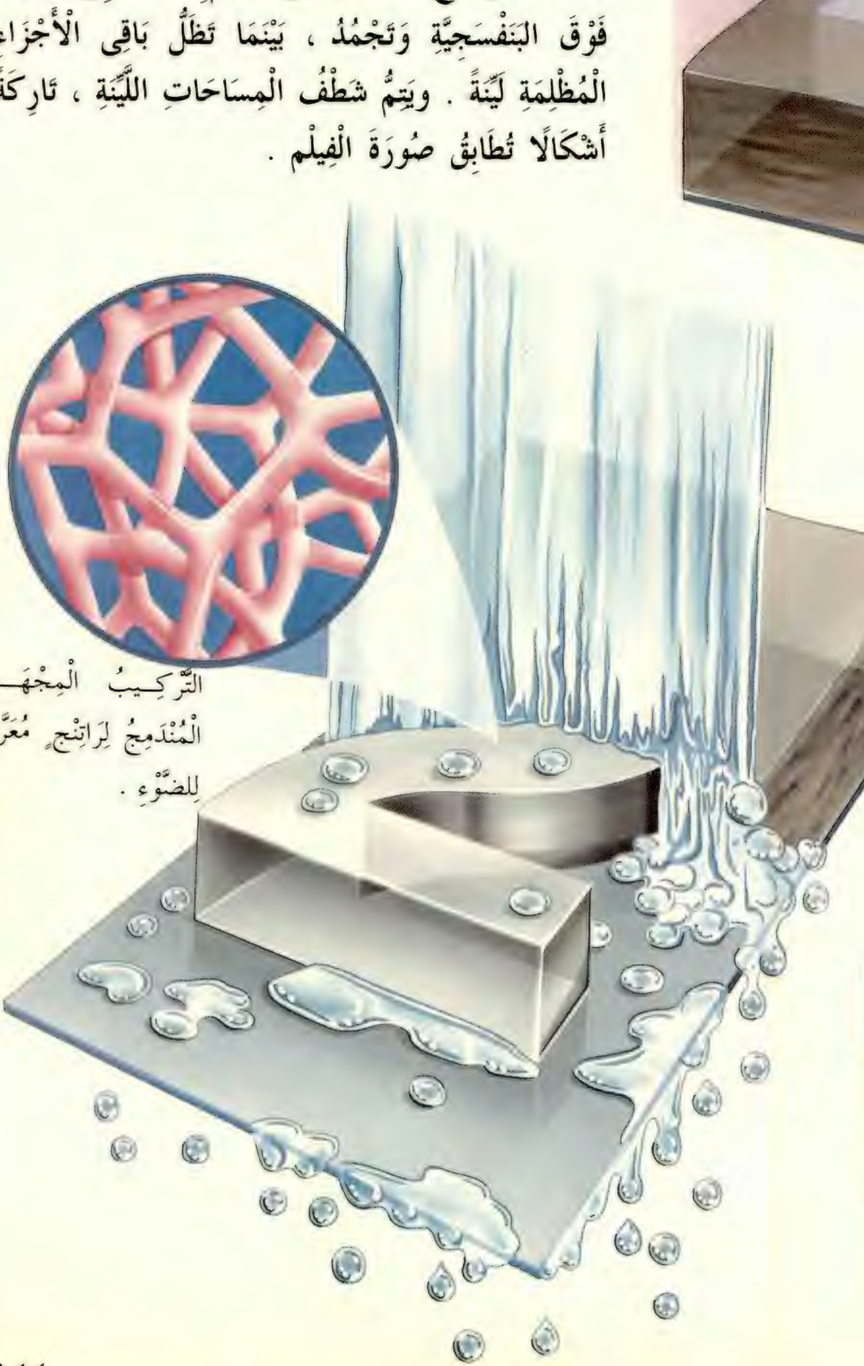
وَمِثْلُ هَذِهِ الرَّاتِنْجِيَّاتِ تُسْتَخْدَمُ لِصِنَاعَةِ أَلْوَاحِ الطِّبَاعَةِ وَأَنْظِمَةِ دَوَائِرِ الشَّذَرَاتِ الْمِجْهَرِيَّةِ . وَفِى الطِّبَاعَةِ ، يُوضَعُ سَالِبُ الْفِيلْمِ على شَرِيحَةٍ مِن رَاتِنْجٍ حَسَّاسٍ لِلضَّوْءِ وتُغْمَرُ بِأَشِعَّةٍ فَوْقَ بَنَفْسَجِيَّةٍ . وأَجْزَاءُ الرَّاتِنْجِ تَحْتَ الْمَوَاضِعِ الشَّفَّافَةِ مِن الفِيلْمِ ، تَسْتَقْبِلُ الْأَشِعَّةَ فَوْقَ البَنَفْسَجِيَّةِ وَتَجْمُدُ ، بَيْنَمَا تَظَلُّ بَاقِى الْأَجْزَاءِ الْمُظْلِمَةِ لَيِّنَةً . وَيَتِمُّ شَطْفُ الْمِسَاحَاتِ اللَّيِّنَةِ ، تَارِكَةً أَشْكَالًا تُطَابِقُ صُورَةَ الْفِيلْمِ .



التَّرْكِيبُ الْمِجْهَرِىُّ الْمُتَفَكِّكُ لِرَاتِنْجٍ مَحْجُوزٍ عَنْه الضَّوْءُ .

أَشْكَالٌ يَطْرَحُها الضَّوْءُ

مَا إِنْ تَصْطَدِمُ أَشِعَّةٌ فَوقَ بَنَفْسَجِيَّةٍ بِكُتْلَةٍ نِصْفِ لَيِّنَةٍ مِنْ رَاتِنْجٍ حَسَّاسٍ لِلضَّوْءِ (اعلى)، حَتَّى تَتَّحِدَ جُزَيْئَاتُ الرَّاتِنْجِ فِى بُولِيمَرَاتٍ تُشْبِهُ السَّلَاسِلَ (يمين) وَيَجْمُدُ الْهُولَامُ .



التَّرْكِيبُ الْمِجْهَرِىُّ الْمُنْدَمِجُ لِرَاتِنْجٍ مُعَرَّضٍ لِلضَّوْءِ .



تُسْتَخْدَمُ الرَّاتِنْجِيَّاتُ الحسَّاسَةُ لِلضَّوْءِ لِصِنَاعَةِ أَلْوَاحِ الطِّبَاعَةِ الصَّعْبَةِ لِلصُّوَرِ التَّفْصِيلِيَّةِ

معانى المصطلحات

Acid : **حمض** مادة مسببة للتآكل ــ ينطلق منها أيونات الهيدروجين عندما تضاف للماء . وتعطى جميع الأحماض قيما أقل من سبعة على مقياس الأس الهيدروجينى .

Acid rain : **مطر حمضى** مطر يحتوى على تركيزات عالية من الكيماويات المكونة للأحماض مثل ثانى أكسيد الكبريت .

Alkali : **قلوى** مركب يأسر أيونات الهيدروجين من الأحماض . وتسجل جميع القلويات قيما أكثر من سبعة على مقياس الأس الهيدروجينى .

Alloy : **سبيكة** فلز مخلوط بفلزات أو لافلزات أخرى مثل سبائك الصلب .

Amino acid : **حمض أمينى** جزىء عضوى له تركيب كيميائى مميز . بعض الأحماض الأمينية هى المكونات الأساسية للبروتينات .

Amorphous metal : **فلز غير متبلر** نوع من الفلزات لا تُكون ذراته بلورات صلبة كالتى تميز الفلزات المعروفة .

Anode : **أنود** القطب السالب فى الدائرة الكهربية التى تحدث عنده عملية الأكسدة .

Antimatter : **أضداد المادة** جسيمات متساوية فى الكتلة ، ولكنها مختلفة فى الشحنة . مثال ذلك ضديد البروتون سالب الشحنة وهو الجسيم المضاد للبروتون . كذلك فإن البوزيترون وهو موجب الشحنة يعتبر الجسيم المضاد للإلكترون .

Atom : **ذرة** أصغر مكونات العنصر التى تحمل خواصه . وتتكون الذرة من جزأين رئيسيين : نواة مركزية تحتوى على البروتونات الموجبة والنيوترونات المتعادلة ، وسحابة إلكترونية تتكون من إلكترونات سالبة تدور حول النواة .

Atomic number : **العدد الذرى** هو عدد البروتونات فى نواة الذرة

Big Bang : **الانفجار العظيم** الانفجار الكونى الذى حدث منذ حوالى ٤,٦ بليون سنة ونشأ منه الكون والمادة .

Blast furnace : **الفرن اللافح** فرن ضخم كثيف الحرارة يستخدم لصهر خامات الفلزات .

Bond : **رابطة** وهى تربط بين ذرتين . والنوعان الرئيسيان فى الروابط هما : الرابطة الأيونية . وتتكون نتيجة انتقال إلكترون أو أكثر من ذرة إلى أخرى وينتج عن ذلك أيونان مختلفا الشحنة ، والنوع الثانى هى الرابطة التساهمية وتتكون من المشاركة الإلكترونية للذرتين .

Buoyancy : **قوة الدفع** قوة تعمل إلى أعلى وتساوى وزن المادة (الماء أو الهواء) التى يزيحها هذا الجسم .

Carbon fiber : **ألياف الكربون** شعيرات تتكون عندما تلفح الالياف الاصطناعية ــ مثل الريون ــ فى أفران كثيفة الحرارة ، فتصبح حبيبات الكربون الساخنة المغموسة فى هذه الألياف شديدة القوة .

Catalyst : **عامل حفاز** مادة تساعد فى بدء أو إسراع التفاعل الكيميائى .

Cathode : **الكاثود** القطب فى الخلية الكهربية الذى تحدث عنده عملية الاختزال .

Ceramics : **الخزفيات** مواد تتكون من الطمى المختلط بمعادن مختلفة وتتصلب عندما تصهر فى درجات حرارة عالية .

chain reaction : **تفاعل متسلسل** فى الكيمياء — عملية يتسبب فيها أحد الجسيمات المنبعثة من نواة مادة مشعة فى انحلال نويات ذرات مشعة أخرى ويتولد عن ذلك سيل من الانحلالات النووية المتتابعة .

Chemical reaction : **التفاعل الكيميائى** أى عملية ينتج عنها تغير فى تركيب مادة أو أكثر .

Chemistry : **الكيمياء** العلم الذى يدرس بنية المادة وتكوينها والتغيرات التى تطرأ عليها .

Colloid : **الغروى** مخلوط من مادتين — تنتشر فيه جسيمات إحدى المادتين فى الأخرى — لكن لاتذوب فيها . والأنواع الرئيسية للغروانيات هى : الرغويات — وتحتوى على غازات معلقة فى مادة صلبة ، المستحلبات — وتحتوى على جسيمات سائلة معلقة فى سائل آخر ، الهباء الجوى — ويتكون من جسيمات سائلة معلقة فى غاز .

Compound : **المركب** مادة تتكون من عنصرين أو أكثر مرتبطة مع بعضها .

Compression molding : **قولبة بالضغط** طريقة لصناعة الراتنج المقاوم للحرارة ، حيث يوضع الراتنج فى قالب ، ثم يصهر تحت ضغط عال ليكون الشكل المطلوب .

concrete : **الخرسانة** مادة للبناء تتكون من ثلاثة مكونات : الأسمنت وهو مخلوط من بعض المواد مثل الألومينا والسليكا والجير وأكسيد الحديد والماغنسيوم ، والركام وهو مخلوط من الرمل والحصى والماء . وعندما يضاف الماء ، يكون الأسمنت عجينة تلتصق بحبيبات الركام مكونة مادة قوية صلبة .

converter : **محول** هو جهاز يقلل كمية الكربون فى خنازير الحديد بتعريضها للأكسجين الذى يتفاعل مع الكربون ليكون أول أكسيد الكربون .

cryogen : **المواد المبردة** هى مواد تخفض درجة تجمد المذيب الذى تذوب فيه .

crystalline lattice : **الشبكة البللورية** هو نسق ثلاثى الأبعاد منتظم ومتكرر ، من الذرات أو الجزيئات فى المادة الصلبة .

Direct reduction: **الاختزال المباشر** هى المرحلة التى يتم فيها استخلاص الفلزات من أكاسيدها بواسطة الكربون الذى ينتزع الأكسجين من أكسيد الفلز مكونا أول أكسيد الكربون والفلز النقى .

electrochemical cell : **الخلية الكهروكيميائية** هى مخلوط من الكيماويات التى تنتج التيار الكهربى عند توصيلها بدائرة . وينتج التيار الكهربى من الإلكترونات المنبعثة عندما تتأكسد مادة فى الخلية وتختزل أخرى .

Electrolysis : **التحليل الكهربى** هى الطريقة التى يستخدم فيها التيار الكهربى لاختزال الفلز المتأكسد فى الخامات .

Electrolytes : **مواد إلكتروليتية** مركبات ترتبط ذراتها معا بروابط أيونية ، ولاتوصل التيار الكهربى وهى فى الحالة الصلبة . ولكن توصل التيار الكهربى عندما تكون مصهورة أو فى المحاليل .

Electromagnetism: **الكهرومغناطيسية** هى قوة من طبيعتها القيام بتفاعلات مع المواد المشحونة كهربيا والمواد المغناطيسية .

Electroplating : **الطلاء بالكهرباء** هى العملية التى يستخدم فيها التيار الكهربى لترسيب طبقة رقيقة من الفلز النقى فوق المادة .

Element : **العنصر** أى مادة تتكون من نوع واحد من الذرات والعناصر ثلاثة أنواع : فلزات مثل الذهب والفضة ، ولافلزات مثل الأكسجين والنيتروجين ، وأشباه الفلزات مثل السيليكون والكربون .

Energy level : **مستوى الطاقة** هو أى مدار حول نواة الذرة تتواجد فيه الإلكترونات . وعندما تتواجد الإلكترونات فى أقل المدارات طاقة يقال عن الذرة إنها فى الحالة المستقرة .

Epoxy resin : **راتنج إيبوكسى** هو بوليمر يعمل كمادة لاصقة قوية عندما يتصلب .

Equilibrium : **الاتزان** هى اللحظة فى التفاعل الكيميائى التى لايحدث عندها أى تغيير فى كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل .

Fermentation : **التخمر** هو التفاعل الذى تقوم فيه الخميرة بتحويل السكريات إلى كحول أو حمض .

Flavor enhancer: **محفزات الطعم** أى مادة تزيد من إحساس اللسان بالطعم .

Fractional distillation : **التقطير التجزيئى** هى العملية التى تفصل مكونات مخلوط من عدة سوائل مختلفة عن بعضها البعض فى درجة الغليان . وكل سائل نقى يسمى جزء .

Glass : **الزجاج** مادة شفافة تصنع من ثانى أكسيد السيليكون الذى يصهر ثم يبرد بطريقة تمنع جزيئاته من التبلر فى شكل منتظم على هيئة شبكة بلورية .

Half - life : **عمر النصف** هو الوقت اللازم لانحلال نصف كمية معينة من مادة مشعة .

heat of fusion : **حرارة الانصهار** هى الحرارة اللازمة لتحويل مادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة .

Hydrocarbon : **هيدروكربون** أى جزىء يتكون من ذرات الهيدروجين والكربون فقط .

Indirect reduction : **الاختزال غير المباشر** هى المرحلة فى استخلاص الفلزات من اكاسيدها التى ينتزع فيها أول أكسيد الكربون ــ المتكون أثناء الاختزال المباشر ــ الأكسجين من أكسيد الفلز .

Injection molding : **قولبة بالحقن** هى طريقة لعمل الراتنجات المطاوعة للحرارة والتى فيها يصهر الراتنج ثم يصب فى قوالب ثم يبرد .

Inorganic molecule : **جزىء لا عضوى** أى جزىء لايدخل الكربون فى تكوينه

Integrated circiut : **دائرة متكاملة** هى شذرة وحيدة من السيليكون تحتوى على عدد كبير من الدوائر الإلكترونية .

Intermolecular forces : **القوى بين الجزيئية** هى قوى التلاصق بين جزيئات المركب . وتحدد قوة هذه الروابط حالة المركب من حيث كونه صلبا أو سائلا أو غازيا .

Ion : **الأيون** هو ذرة أو جزىء فقد أو اكتسب إلكترونات ، وأصبح يحمل شحنة كهربية .

Ion exchange film : **غشاء التبادل الأيونى** هو غشاء يسمح لأيونات معينة بـالمرور خلاله .

Isotope : **النظير** هى ذرات لنفس العنصر تحتوى فى نوياتها على عدد مختلف من النيوترونات .

Kinetic energy : **طاقة الحركة** هى مقياس لمقدار طاقة حركة جسيم — فكلما زادت سرعة الجسيم كلما زادت طاقة حركته .

Micelles : **مجمع** بناء كروى يتكون من تجمعات من جزيئات يكون أحد طرفيها قطبى والطرف الآخر غير قطبى — وعندما تضاف للماء تكون هذه الجزيئات مجمعات تتجه فيها النهايات غير القطبية إلى داخل الكرة ، بينما تتجه النهايات القطبية إلى الماء .

Monomers : **مونوميرات** الجزيئات المفردة التى يمكن أن تتجمع فى سلاسل طويلة مكونة البوليمرات .

Neutrinos : **نيوترينوات** جسيمات ذرية صغيرة أو عديمة الكتلة ، وليس لها شحنة ، وتتحرك بسرعة الضوء .

Nuclear fission : **الانشطار النووى** هى العملية التى تنشطر فيها نواة الذرة وتنطلق طاقة .

Nuclear fusion : **الاندماج النووى** هى العملية التى تندمج فيها نواتى ذرتين لتكون ذرة أكبر ، وتنطلق عن ذلك طاقة هائلة .

Nuclear reactor : **المفاعل النووى** هو الجهاز الذى يستغل الطاقة الناتجة من الانشطار النووى فى توليد الطاقة الكهربية .

Optical fiber : **ألياف ضوئية** شعيرة من الزجاج تنتقل خلالها الإشارات فى شكل حزم ضوئية . وتتكون الليفة الضوئية من جزأين كلاهما من الزجاج : الجزء الداخلى هو القلب ، ويحاط بطبقة خارجية تسمى الكسوة .

Ore : **الخام** مركب يرتبط فيه الفلز كيميائيا بفلزات أو لافلزات أخرى .

Organic molecule : **جزىء عضوى** أى جزىء يدخل الكربون فى بنيته .

Oxidation : **الأكسدة** هى عملية تفقد فيها الذرة إلكترونات .

Periodic table : **الجدول الدورى** هو نظام يصنف العناصر فى مجموعات تبعا لبنيتها الذرية وخواصها الكيميائية .

PH : **رقم الأس الهيدروجينى** هو تدريج كمى لدرجة الحمضية أو القاعدية للمادة — ويتراوح بين الصفر — للحمضية القصوى ، ١٤ للقلوية القصوى .

Phase change : **تغير الحالة** تحول المادة من إحدى حالات المادة — الصلبة أو السائلة أو الغازية — إلى الأخرى .

Photon : **فوتـــون** وحـــدة الإشعـــاع الكهرومغناطيسى . ولها خواص كل من الموجة والجسيم المادى .

Photosensitive resin : **الراتنج الحساس للضوء** هو نوع من البلاستيك الرخو الذى يتصلب عند تعرضه للأشعة فــوق البنفسجية

Pig iron : **حديد الخنازير (التماسيح)** هو نوع من الحديد يحتوى كمية عالية نسبيا من الكربون .

Plasma : **بلازما** هى حالة من حالات المادة التى تجرد فيها الذرات مــن إلكتروناتها .

Plastic : **بلاستك** هى مادة تصنع من بــوليمرات معينة ـــ تسمــى راتنجات ـــ يتم صهرها ووضعها فى قوالب حسب الشكل المطلوب .

Polarity of a bond : **قطبية الرابطة** هى خاصية تبين كيفية مشاركة الذرات فى تكوين الرابطة الكيميائية ، فإذا كانت إلكترونات الرابطة مزاحة أكثر نحو إحدى الذرتين تكون الرابطـة قطبية .

Polarity of a molecule : **قطبية الجزىء** فى الجزىء القطبى ـــ يحمل أحد طرفيه شحنة موجبة جزئية ويحمل الطرف الآخر شحنة سالبة جزئية وعندما تتـوزع الشحنات بالتساوى فى الجزىء يسمى الجزىء غير قطبى .

Polarizer : **مستقطب** هو مرشح يسمــح لموجات الضوء ذات الاتجاه الواحد فقط بالمرور خلاله .

Polymer : **بوليمر** جزىء هائل يتكون من سلاسل طويلة من جزيئات صغيرة ترتبط أطرافها معا كيميائيا .

Protein : **بروتين** بوليمر يتكون من سلسلة من الأحماض الأمينية ترتبط أطرافها بروابـط كيميائية ـــ ويدخــل البروتين فى بناء معظم أنسجة جسم الإنسان .

Pulp : **لب** مادة ليفية تتكون من جذاذات من الخشب تنقع فى الكيماويات والماء . وهو المادة الأساسية فى صناعة الورق .

Radioactivity : **النشاط الإشعاعى** هى عملية تقوم بها ذرة العنصر المشع لتعيد ترتيب مكونات نواتها ، بأن تبعث بعض الجسيمات ذات الطاقة العالية أو الفوتونات .

Radiocarbon dating : **التأريخ بالكربون المشع** هى طريقة لتقدير أعمار المواد القديمة بقياس ما تحويه من الكربون ١٤ المشع .

Redox reaction : **تفاعل التأكسد والاختزال** هى تفاعلات تُحدث فى أحد المتفاعلات عملية تأكسد وفى المتفاعل الآخر عملية اختزال . وهذه التفاعلات هــى الرئيسيــة فى الأعمـــدة الكهروكيميائية .

Reduction : **الاختزال** هى العملية التى تكتسب فيها الذرة إلكترونات .

Respiration : **التنفس** هى العملية التى تأخذ فيها الخلايا الأكسجين لتوليد الطاقة وينطلق عنها ثانى أكسيد الكربون .

Semipermeable membrane : **غشاء شبه منفذ** مرشح له ثقوب ضيقة جدا تسمح للجسيمات ـــ التى يبلغ حجمها الجزىء فقط ـــ بالمرور خلالها .

Shape-memory alloys : **سبائك ذاكرة الشكل** هى سبيكة تتشوه تحت تأثير الضغط ، ولكنها تستعيد شكلها الأصلى عندمـا تسخن ويزول الضغط .

Slag : **خبث** هى المخلفات التى تنتج أثناء عمليات استخلاص الفلزات من خاماتها .

Smelting : **الصهر** العملية التى يسخن فيها خام الفلز مع الأكسجين أو غاز آخر للحصول على الفلز النقى .

Solvent extraction : **الاستخلاص بالمذيب** هى الطريقة التى يستخلص فيها مركب معين من مادة ، بنقع هذه المادة فى مذيب — فيذيب هذا المذيب المركب المراد استخلاصه وحده ، ويترك بقية المواد الأخرى .

Starch : **النشا** هو بوليمر يتكون من جزيئات عديدة من الجلوكوز مرتبطة معا كيميائيا .

Steam distillation : **التقطير البخارى** هى عملية يتبخر فيها المركب عندما يتعرض لبخار ماء ساخن يحفزه على التبخر عند درجة حرارة أقل من درجة غليانه .

Strong nuclear force : **القوة النووية الشديدة** هى القوة التى تربط البروتونات والنيوترونات معا فى نواة الذرة .

Subatomic particles : **جسيمات تحت ذرية** دقائق ترتبط معا لتكون الذرة . مثال ذلك الكواركات — التى تتحد فى ثلاثيات لتكون البروتونات والنيوترونات — والإلكترونات والنيوترينونات . ويوجد فى الذرة أكثر من خمسين دقيقة تحت ذرية .

Sublimation : **التسامى** العملية التى تتحول فيها المادة مباشرة من الحالة الصلبة إلى الغازية .

Synthetic fibers : **ألياف صناعية** ألياف تصنع من البوليمرات بعد سحبها على هيئة خيوط طويلة ثم غزلها معا .

Temperature : **درجة الحرارة** هو مقياس غير مباشر لمتوسط سرعة اهتزاز جزيئات المادة .

Thermoplastic resins : **الراتنج المقاوم للحرارة** هو البلاستيك الذى إذا تم تشكيله لايتغير شكله تحت تأثير الحرارة .

Ultraviolet radiation : **الأشعة فوق البنفسجية** هو نوع من الأشعة الكهرومغناطيسية والتى تكون أطوالها الموجية أقل من أطوال موجات أشعة الضوء المرئى .

Wavelength : **طول الموجة** هو المسافة بين قمتين متتاليتين فى الموجة .